

1 Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ С. В. Комонов
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии»
код и наименование специальности

**СНИЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ КОТЕЛЬНОЙ
ООО «ШИНОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД»**

Руководитель

И. В. Андруняк
22.06.16
подпись, дата

доцент, канд. техн. наук
должность, ученая степень

И. В. Андруняк
инициалы, фамилия

Выпускник

Т. А. Колобова
22.06.16
подпись, дата

Т. А. Колобова
инициалы, фамилия

Консультант
по нормативно-
правовой базе

С. В. Комонов
подпись, дата

С. В. Комонов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

С. В. Комонов
подпись, дата

С. В. Комонов
инициалы, фамилия

Красноярск 2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Снижение выбросов оксидов азота на примере угольной теплоэлектростанции» содержит 82 страницы текстового документа, 16 использованных источников, 6 листов графического материала.

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ПЫЛЬ НЕОРГАНИЧЕСКАЯ, ЭЛЕКТРОФИЛЬТР, ПРИЗЕМНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ, РАСЧЕТ РАССЕИВАНИЯ.

Объект исследования – шиноремонтный завод.

Цели работы:

- ознакомиться с общей структурой промышленного предприятия;
- изучить механизмы образования выбросов на заводе;
- разработать мероприятия по снижению выбросов;
- провести расчет рассеивания до и после мероприятий;
- рассчитать экологический ущерб и плату за выбросы предприятия.

В результате разработки ВКР была изучена структура предприятия, выявлены его основные выбросы в атмосферу. В качестве мероприятия по снижению приземных концентраций пыли в атмосферном воздухе является реконструкция газоочистного оборудования. В результате предложенного решения происходит сокращение выбросов твердых частиц в атмосферу и уменьшение платежей завода.

АННОТАЦИЯ
к выпускной квалификационной работе
на тему: Снижение вредных выбросов от котельной
ООО «Шиноремонтный завод»

ВКР выполнена на 82 страницы, включает 26 таблиц, 16 литературных источников.

Объектом исследования является шиноремонтный завод.

Целью исследования является разработка эффективных мероприятий по снижению вредных выбросов в атмосферу.

В дипломную работу входит введение, двенадцать глав, итоговое заключение по работе.

Во введении раскрывается актуальность выпускной квалификационной работы по выбранному направлению, ставится проблема, цель и задачи.

В первой главе даны общие сведения о предприятии.

Во второй главе выявлены источники загрязнения атмосферы от предприятия.

В третьей главе рассмотрена технология производства.

В четвертой главе проведены расчеты и определены предложения нормативов ПДВ и ВСВ по данным тома ПДВ.

В пятой главе предложены мероприятия по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических.

В шестой главе проведен расчет выбросов вредных веществ от котельной предприятия.

В седьмой главе проведен расчет от открытого склада угля.

В восьмой главе проведен расчет выбросов вредных веществ от автотранспорта.

В девятой главе выполнен расчет рассеивания выбросов из одиночного источника .

В десятой главе предложены мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

В одиннадцатой главе представлена экономическая часть предлагаемого мероприятия.

В двенадцатой главе представлена нормативно-правовая база.

В заключении сформулированы выводы по выпускной квалификационной работе.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ С. В. Комонов
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2016 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту: Колобовой Татьяне Андреевне.

Группа ФЭ12-096. Направление (специальность): 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Тема выпускной квалификационной работы: «Снижение вредных выбросов от котельной на ООО «Шиноремонтный завод».

Утверждена приказом по университету № _____ от ____ .06.16г.

Руководитель ВКР: И.В. Андруняк, к.т.н., доцент кафедры ИЭиБЖД.

Исходные данные для ВКР: справочная литература, учебная литература, методическая литература, ГОСТы, СНиПы, технические инструкции с предприятия.

Перечень разделов ВКР: общие сведения о предприятии, характеристика предприятия, как источника загрязнения атмосферы, краткая характеристика технологии производства, проведение расчетов и определение предложений нормативов ПДВ и ВСВ по данным тома ПДВ ООО «Шиноремонтный завод», мероприятия по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях, расчет выбросов вредных веществ от котельной предприятия, расчет от открытого склада угля, расчет выбросов вредных веществ от передвижных, расчет рассеивания выбросов из одиночного источника (нагретые), мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, экономическая часть, нормативно-правовая база.

Перечень графического материала:

Лист 1 – Компонировка оборудования в разрезе до мероприятия.

Лист 2 – Изолинии приземных концентраций до мероприятия.

Лист 3 – Изолинии приземных концентраций после мероприятия.

Лист 4 – Компоновка оборудования после мероприятия в разрезе.

Лист 5 – Выбросы загрязняющих веществ до и после мероприятия.


Руководитель ВКР



подпись

И. В. Андруняк
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению



подпись

Т. А. Колобова
инициалы и фамилия

«30» мая 2016 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения
Сбор и анализ исходной документации и литературы	30.05.16 – 04.06.16
Постановка основной задачи, освоение расчетных методик и программ	06.06.16 – 08.06.16
Выполнение расчетов, оформление результатов, составление выводов	09.06.16 – 18.06.16
Графическое оформление чертежей	20.06.16 – 23.06.16
Работа над нормативно-правовой базой, оформление расчетно-пояснительной записки	24.06.16 – 26.06.16
Оформление прочей документации	27.06.16 – 29.06.16

«22» июня 2016 г.

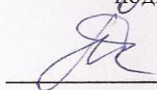
Руководитель ВКР



подпись

И. В. Андруняк
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению



подпись

Т. А. Колобова
инициалы и фамилия

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1 Общие сведения о предприятии.....	11
2 Характеристика предприятия, как источника загрязнения атмосферы.....	12
3 Краткая характеристика технологии производства.....	16
3.1 Технические характеристики механизмов технологической схемы топливоподачи.....	17
3.1.1 Лебедка	17
3.1.2 Пневмомеханический забрасыватель.....	17
3.1.3 Дробилка – грохот винтовая.....	18
3.1.4 Топка котла.....	18
3.2 Экономайзер.....	20
3.3 Воздухоподогреватель.....	22
3.4 Катионовые фильтры.....	22
3.5 Деаэратор.....	23
3.6 Шлакоудаление.....	24
3.7 Удаление золы.....	24
3.8 Тягодутьевые устройства.....	25
3.9 Вентилятор и дымосос.....	25
3.10 Дымовая труба.....	26
3.11 Обмуровка котла.....	26
4 Проведение расчетов и определение предложений нормативов ПДВ и ВСВ по данным тома ПДВ ООО «Шиноремонтный завод	28
5 Мероприятия по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях.....	30
6 Расчет выбросов вредных веществ от котельной предприятия.....	31
6.1 Методика расчета выбросов оксидов азота.....	32
6.2 Методика расчета выбросов оксидов серы.....	34
6.3 Методика расчета выбросов оксида углерода.....	35
6.4 Методика расчета выбросов бенз(а)пирена.....	36
6.5 Методика расчета выбросов твердых частиц.....	37
6.6 Расчет максимально разовых выбросов окислов азота.....	38
6.7 Расчет годовых выбросов окислов азота.....	38
6.8 Расчет выбросов окислов серы.....	41
6.9 Расчет выбросов оксида углерода.....	41
6.10 Расчет выбросов бенз(а)пирена.....	43
6.11 Расчет выбросов твердых частиц.....	44
7 Расчет от открытого склада угля.....	47
8 Расчет выбросов вредных веществ от передвижных источников на территории предприятия.....	49
9 Расчет рассеивания выбросов из одиночного источника (нагретые).....	56
10 Мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.....	63
10.1 Реконструкция газоочистного оборудования.....	63
10.2 Расчет электрофильтров.....	63

11 Экономическая часть.....	67
11.1 Оценка величины предотвращенного экологического ущерба.....	67
11.2 Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.....	69
12 Нормативно-правовая база.....	72
Заключение.....	80
Список использованных источников.....	81

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы охраны природы и рационального использования природных ресурсов в Российской Федерации отнесены к числу важнейших государственных задач. Одним из основных источников экологически негативного воздействия на окружающую природную среду являются предприятия энергетического комплекса.

Энергетические предприятия влияют на состояние окружающей среды отходами своего производства: загрязняют воздушный бассейн продуктами сгорания органического топлива, вызывают тепловое загрязнение атмосферы, загрязнение водных объектов сточными водами, оказывают электромагнитное влияние. При этом происходят значительные изменения в естественных экологических процессах и равновесие в их протекании.

Среди всех предприятий энергетики тепловые электростанции вносят основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха (26,6 % общего количества выбросов всей промышленности России). Негативное воздействие на окружающую среду обусловлено использованием органического топлива в технологических процессах теплоэнергетических предприятий. Рабочая масса органического топлива состоит из углерода, водорода, серы, влаги и золы. В результате полного сгорания топлива образуются углекислый газ, водяные пары, оксиды серы (сернистый газ, серный ангидрид) и зола. При высоких температурах в ядре топочных камер котлов происходит частичное окисление азота воздуха и топлива с образованием оксидов азота (оксид и диоксид азота). При неполном сгорании топлива в топках могут образовываться также оксид углерода, углеводороды и другие канцерогенные вещества.

Следует признать, что в настоящее время полностью исключить выбросы в окружающую среду невозможно, однако, при современной технике сжигания угля их можно свести к минимуму. Определенная доля выбросов в атмосферу является объективно обусловленной современным этапом развития технологии энергетического производства.

Ситуация усугубляется тем, что в атмосферу попадают выбросы других промышленных предприятий, а также моторизированного транспорта и прочих источников загрязнения, связанного с деятельностью человека, в результате чего во многих крупных городах и промышленных центрах наблюдается превышение уровня 10 ПДК в разовых или суточных измерениях примесей. В зоне действия предприятий теплоэнергетического комплекса образуется повышенный уровень загрязнения воздуха оксидами азота, сажей, бенз(а)пиреном и другими веществами.

Кроме воздушного бассейна и поверхностных вод в результате деятельности теплоэнергетических предприятий воздействию подвергаются и другие элементы биосферы (подземные воды, флора и фауна). Так многочисленные золошлакоотвалы являются источниками загрязнения подземных вод.

В качестве топлива для котельных установок используют угли, торф, сланцы, древесные отходы, газ и мазут. Газ и мазут – эффективные источники

тепловой энергии. При их применении упрощаются конструкция и компоновка котельных установок, повышается их экономичность, сокращаются затраты на эксплуатацию.

Однако наряду с мощными современными котельными установками в стране имеется большое число котельных с агрегатами не большой производительности для снабжения паром и горячей водой промышленных предприятий, предприятий сельского и коммунального хозяйства.

Пар в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве применяют для технологических нужд, вентиляционных установок, в сушилках, для отопления производственных и жилых помещений, а также для нагрева воды, используемой в производстве и для бытовых нужд.

Современные котельные установки непрерывно совершенствуют, оборудуют сложными агрегатами, оснащенные разными механизмами и контрольно-измерительными приборами, а также средствами автоматики и дистанционного управления [10].

Котельный цех ООО «Шиноремонтный завод» является основным источником негативного воздействия на объекты окружающей среды в Железнодорожном районе города Красноярска. Основное воздействие обусловлено выбросами из дымовых труб газо-аэрозольных продуктов сгорания органического топлива в котлоагрегатах цеха.

Соответственно, основной целью дипломной работы является разработка эффективных мероприятий по снижению вредных выбросов в атмосферу, направленной на оздоровление и улучшение экологической ситуации района.

1 Общие сведения о предприятии

Адрес предприятия: Красноярский край, 660048, г. Красноярск, ул. Маерчака, 50. т. 255-53-21.

Промышленная площадка расположена в Железнодорожном районе г. Красноярска. С юга и юга-востока от площадки находится селитебная зона, с запада ул. Маерчака, далее промышленная зона, с северной и восточной сторон площадка ограничена ручьём Бугач и рекой Кача.

Площадь занимаемого земельного участка составляет 23189,179 м², в том числе свободная от застройки 1500 м².

Централизованно – по сетям водопровода и канализации МУП «Водоканал» г. Красноярска.

Предприятие специализируется по изготовлению резинотехнических изделия (укрывной материал, пакеты).

Пар необходимый для технологических процессов вырабатывается в котельной, где установлены 4 котла КЕ-6,5/14. Отвод дымовых газов осуществляется через 2 трубы, высотой 45 метров, диаметром 1200 мм.

В качестве золоулавливающего оборудования для каждого котла используются батарейные циклоны БЦ 2-5×(3+2). Размер : 4420×1600×1600мм, производительность 21600 м³/ч, проектная эффективность очистного устройства 85 %.

Топливо: уголь, доставляется из Ирша-Бородинского разреза, зольностью $A^p = 6,7\%$, сернистость $S^p = 0,2\%$, низшая теплота сгорания $Q_p^H = 15,54$ МДж/кг. Стоимость одной тонны угля – 3290 рублей без учета НДС [3].

2 Характеристика предприятия, как источника загрязнения атмосферы

Всего на территории предприятия расположены 6 организованных источников выброса загрязняющих веществ и один стационарный неорганизованный источник – склад угля.

Источник выброса №1. Источник выброса – дымовая труба высотой $H = 45\text{ м}$, диаметром $D = 1200\text{ мм}$ обслуживает котлы КЕ-6,5/14 №1 и КЕ-6,5/14 №2, в качестве золоулавливающего оборудования используются батарейные циклоны БЦ 2-5×(3+2) (по одному на котел), степень улавливания твердых частиц в которых составляет 83-85%. В качестве топлива используется уголь разреза «Ирша-Бородинский» зольностью $A^p = 6,7\%$, содержанием серы в топливе $S^p = 0,2\%$, низшей теплотой сгорания натурального топлива $Q_p^H = 15,5$ МДж/кг. Загрязняющими веществами поступающими в атмосферу при сжигании угля являются: азота диоксид, азота оксид, сера диоксид, углерода оксид, бенз(а)пирен, пыль неорганическая с содержанием SiO_2 70-20%.

Источник выброса №2. Источник выброса – дымовая труба высотой $H = 45\text{ м}$, диаметром $D = 1200\text{ мм}$ обслуживает котлы КЕ-6,5/14 №3 и КЕ-6,5/14 №4, в качестве золоулавливающего оборудования используются батарейные циклоны БЦ 2-5×(3+2) (по одному на котел), степень улавливания твердых частиц в которых составляет 84-85%. В качестве топлива используется уголь разреза «Ирша-Бородинский» зольностью $A^p = 6,7\%$, содержанием серы в топливе $S^p = 0,2\%$, низшей теплотой сгорания натурального топлива $Q_p^H = 15,5$ МДж/кг. Загрязняющими веществами поступающими в атмосферу при сжигании угля являются: азота диоксид, азота оксид, сера диоксид, углерода оксид, бенз(а)пирен, пыль неорганическая с содержанием SiO_2 70-20%.

Источник выброса №3. Около котельной расположен угольный склад размером 40×20 м неорганизованный пылящий источник. Выбросы пыли неорганической с содержанием SiO_2 до 20% происходят при формировании склада и при сдувании частиц с их пылящей поверхности.

Источник выброса №4. В сварочном участке расположен стационарный сварочный пост, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу осуществляются через трубу диаметром $D = 300\text{ мм}$, высотой $H = 4,0\text{ м}$. Время работы сварочного поста 200 часов в год, во время проведения сварочных работ используются электроды марки МР-3, при этом в атмосферу поступают железа оксид, марганец и его соединения, фтористый водород.

Источник выброса №5. При работе технологического оборудования на участке изготовления поливных шлангов являются тепловыделения, также процессы изготовления сопровождается выделением загрязняющих веществ, содержащихся в используемых резиновых смесях, а также продуктов их термической деструкции.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу при изготовлении шлангов поливных осуществляется через трубу диаметром $D = 400\text{мм}$, высотой $H = 8,0\text{ м}$.

К технологическому оборудованию на участке относятся вальцы ПД-1500, шприцмашина АНПВ №2, при работе которых используется резиновая смесь на основе НК, время работы технологического оборудования 400 ч/год.

Загрязняющими веществами поступающими в атмосферу являются: бутадиен, изопрен, акрилонитрил, стирол, хлоропрен, α -метилстирол, оксид этилена, этилен, изобутилен, хлористый водород, дибутилфталат, сернистый ангидрид, оксид углерода, углеводороды.

Источник выброса №6. При работе технологического оборудования на участке изготовления резиновых прокладок являются тепловыделения, также процессы изготовления сопровождается выделением загрязняющих веществ, содержащихся в используемых резиновых смесях, а также продуктов их термической деструкции.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу при изготовлении резиновых прокладок осуществляется через трубу диаметром $D = 800\text{мм.}$, высотой $H = 5,0\text{м}$.

К технологическому оборудованию на участке относятся вальцы ПД-800, вулканизаторы, при работе которых используется резиновая смесь на основе НК, время работы технологического оборудования 1920 ч/год.

Загрязняющими веществами поступающими в атмосферу являются: бутадиен, изопрен, акрилонитрил, стирол, хлоропрен, α -метилстирол, оксид этилена, этилен, изобутилен, хлористый водород, дибутилфталат, сернистый ангидрид, оксид углерода, углеводороды.

Источник выброса №7. В процессе работы агрегатов УПР-3М1 и «Арсенал-1500» производства полиэтиленовой пленки в помещение участка поступают углерода оксид, формальдегид, полиэтилентерефталат, которые удаляются при работе системы вытяжной вентиляции. Время работы системы вытяжной вентиляции 1680 ч/год. Выброс загрязняющих веществ в атмосферу осуществляется через трубу диаметром $D = 400\text{мм.}$, высотой $H = 6,0\text{м}$ [5]. План-схема расположения источников выбросов загрязняющих веществ показана на рисунке 1.

В дипломной работе также учтены выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников предприятия.

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в целом по ООО «Шиноремонтный завод» приведен в таблице 1.

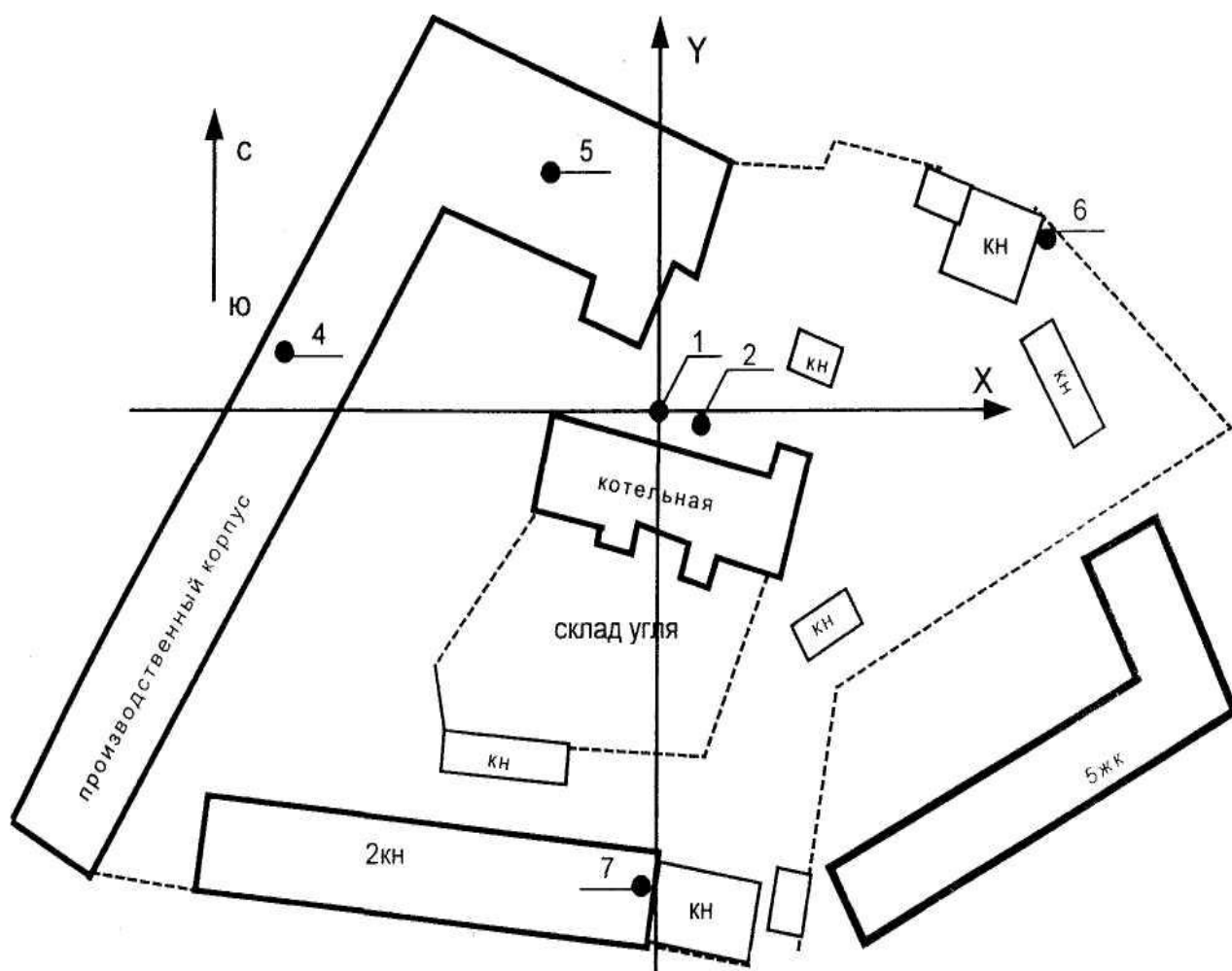


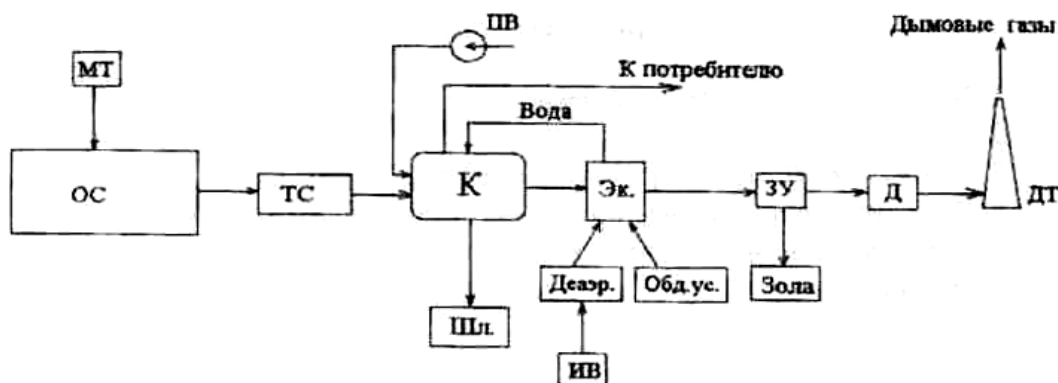
Рисунок 1 – План-схема расположения источников выбросов загрязняющих веществ ООО «Шиноремонтный завод»

Таблица 1 – Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу от предприятия ООО «Шиноремонтный завод» в целом

Код	Наименование вещества	Использ. критерий	Значение критерия, мг/м ³	Класс опасности	Выброс вещества, г/с	Выброс вещества, т/год
123	Железа оксид	ПДК с/с	0,0400000	3	0,0081000	0,0038300
143	Марганец и его соединения	ПДК м/р	0,0100000	2	0,0014400	0,0006900
301	Азота диоксид	ПДК м/р	0,2000000	2	2,8470000	28,6505000
304	Азот оксид	ПДК м/р	0,4000000	3	0,4620000	4,6250000
316	Водород хлорид	ПДК м/р	0,2000000	2	0,0009451	0,0060792
328	Углерод черный (Сажа)	ПДК м/р	0,1500000	3		0,0203000
330	Сера диоксид	ПДК м/р	0,5000000	3	3,9992854	43,0222360
337	Углерод оксид	ПДК м/р	5,0000000	4	18,4212966	198,5314648
342	Фтористый водород	ПДК м/р	0,0200000	2	0,0003300	0,0001600
503	1,3-Бутадиен	ПДК м/р	3,0000000	4	0,0009514	0,0061200
514	Изобутилен	ПДК м/р	10,0000000	4	0,0038182	0,0245616
516	Изопрен	ПДК м/р	0,5000000	3	0,0008594	0,0055284
526	Этилен	ПДК м/р	3,0000000	3	0,0083120	0,0534684
618	α -Метилстирол	ПДК м/р	0,0400000	3	0,0005391	0,0034680
620	Стирол	ПДК м/р	0,0400000	2	0,0005391	0,0034680
703	Бенз(а)пирен	ПДК с/с	0,0000010	1	0,0000077	0,0000831
930	Хлоропрен	ПДК м/р	0,0200000	2	0,0007801	0,0050184
1215	Дибutilфталат	ОБУВ	0,1000000		0,0007897	0,0050796
1325	Формальдегид	ПДК м/р	0,0350000	2	0,0008000	0,0049000
1544	Полиэтилентерефталт	ОБУВ	0,0500000		0,0016000	0,0097000
1611	Этилена оксид	ПДК м/р	0,3000000	3	0,0001871	0,0012036
2001	Акрилонитрил	ПДК с/с	0,0300000	2	0,0014144	0,0090984
2754	Углеводороды предельные	ПДК м/р	1,0000000	4	0,0092887	0,1132516
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	ПДК м/р	0,3000000	3	3,6650000	38,5915000
2909	Пыль неорганическая: до 20% SiO ₂	ПДК м/р	0,5000000	3	0,0629000	1,8459000
Всего веществ: 25					29,4981840	315,5426091
В том числе твердых: 5					3,7374400	40,4622200
Жидких/газообразных: 20					25,7607440	275,08038911
Группы веществ, обладающих эффектом суммации:						
6009	(2) 301 330					
6039	(2) 330 342					
6046	(2) 337 2908					

3 Краткая характеристика технологии производства

Технологическая схема производства тепла котельной установки.



МТ – машина с топливом; ОС – открытый склад; ТС – транспортировка специальными средствами; К – котел; ПВ – подача воздуха; Эк – экономайзер; ИВ – источник воды; Деаэр. – деаэратор воды; Обд. ус. – обдувочное устройство; Шл – шлак; Зу – золоуловитель; Д – дымосос; ДТ – дымовая труба.

Рисунок 2 – Схема технологического процесса котельной установки, работающей на угле

Котельная скомпонована на основе двухбарабанного водотрубного котла типа КЕ-6,5/14 номинальной паропроизводительностью 6,5 т/час. Каждый котел имеет камерную топку с пневмомеханическим забрасывателем и поворотной колосниковой решеткой. В топке происходит слоевое сжигание топлива, а именно бурого угля Ирша-Бородинского разреза. Ввиду того, что котельный агрегат предназначен для сжигания бурых углей и выработки насыщенного пара 250 °С при температуре питательной воды 100 °С, его избыточное давление равно 1,3 МПа. Расход топлива для 4 котлов равен 13440 т/год.

Технологический процесс, осуществляется в такой последовательности: уголь на склад завозится автомобилем «Камаз». Буртуется бульдозером Т-170 и подается в цех скреперной лебедкой ДВС-30 на дробилки ВДГ-15. Поднимается от дробилки ковшовым транспортером «Нурия» на ленточный транспортер УКДС-500 с него отсекателями уголь сбрасывается в бункер – питатель котла. В котел уголь подается пневмомеханическим забрасывателем ПМЗ (ПТЛ)-400 (600), и сгорает там образуя дымовые газы.

Воздух, необходимый для сгорания топлива, забирается вентилятором из верхней зоны помещения котельной и подается в топку, под колосниковую решетку для поддержания процесса горения. Тепло, выделившееся при сгорании топлива, передается воде через поверхности нагрева котла излучением в топки и конвекцией от нагретых газообразных продуктов сгорания в газоходах котла.

Образовавшийся в экранных трубах котла насыщенный пар собирается в барабане, оттуда, пройдя сепарационные устройства, направляется через

коллектор в пароперегреватель, где перегревается до заданной температуры, а затем через сборный коллектор и главный паропровод (через запорный вентиль или задвижку) идет к потребителю.

Конденсат отработавшего пара, вернувшийся от потребителя направляется в деаэратор, который служит для удаления из воды воздуха и активных газов. Туда же насосом подается добавочная химически очищенная вода.

После деаэрации вся питательная вода подается питательными насосами в водяной экономайзер, где за счет тепла уходящих газов вода подогревается и поступает в барабан, а из барабана в систему экранных труб, где и происходит процесс парообразования. Уходящие из топки нагретые газы проходят последовательно между трубами пароперегревателя, водяного экономайзера и внутри труб воздухоподогревателя, отдавая тепло на перегрев пара, подогрев питательной воды и воздуха, охлаждаются и дымососом удаляются через дымовую трубу в атмосферу.

3.1 Технические характеристики механизмов технологической схемы топливоподачи

3.1.1 Лебедка

Лебедка скреперная двух-трех барабанная с соосными или параллельными расположенными электродвигателями предназначена перемещать горную массу горизонтальным и наклонным выработкам с углом наклона до 30° при подземной разработке полезных ископаемых.

3.1.2 Пневмомеханический забрасыватель

Забрасыватели пневматические ЗП-400 и ЗП-600 (стоит на 4 котле) предназначены для регулирования количества и равномерной подачи угля в механические и полумеханические топки. Размер кусков угля не более 10 мм. Содержание мелочи (0...6 мм) не более 60%, влажности – согласно требованиям стандартов на уголь для слоевого сжигания.

Топки с пневмомеханическими забрасывателями являются лучшими, так как процесс загрузки топлива в них увязывается с процессом горения, а воздух, необходимый для перемещения частиц топлива в топке, одновременно используется и для горения этого же топлива, при этом более тяжелые куски топлива падают на переднюю часть решетки.

Загорание свежих порций топлива, поступивших в топку, обеспечивает быстроту воспламенения топлива и достаточную полноту его сгорания. Кроме того, можно регулировать работу топки, уменьшая или увеличивая подачу топлива в топку с помощью пневмомеханического забрасывателя. К недостаткам топки относят необходимость дробления топлива и ограничение количества мелочи, наличие которой может приводить к повышенной потере с провалом в период шуровки топлива.

Таблица 2 – Техническая характеристика пневмомеханических забрасывателей

Техническая характеристика	ЗП-400	ЗП-600
Рабочая ширина, мм	400	600
Производительность по углю тах, кг/ч	3200	5200
Частота вращения ротора, об/мин	470,600	910
Регулирование скорости движения питателя	бесступенчатое	
Электродвигатель: Мощность, кВт Частота вращения, об/мин	11 030	
Масса не более, кг	500	570

3.1.3 Дробилка – грохот винтовая

Предназначена для дробления различных каменных углей и антрацитов. Дробилка устанавливается в системе топливоподачи производственно-отопительных котельных.

Таблица 3 – Техническая характеристика дробилки – грохот винтовой

Техническая характеристика	Величина
Производительность (зависит от влажности, марки и класса угля), т/ч	10
Размер загружаемых кусков, не более, мм	200
Фракции дробления, мм	0-50
Частота вращения дробящего и транспортного винтов, об/мин	60
Электродвигатель: Мощность, кВт Частота вращения, об/мин Напряжение, В	11 1000 220/380
Габаритные размеры дробилки, мм: Длинна не более Ширина не более Высота не более	4000 1000 1100
Масса дробилки не более, кг	1800

3.1.4 Топка котла

Топка с пневмомеханическими забрасывателями и решеткой с поворотными колосниками МПЗ-РПК предназначены для сжигания каменных и бурых углей с выходом летучих веществ выше 20%, с содержанием мелочи 0...6 мм до 80% антрацитов с добавкой каменных или бурых углей до 20-30% под стационарными паровыми котлами, а также в промышленных печах.

Решетки с поворотными колосниками РПК предназначены для слоевого сжигания антрацитов в топках с ручным забросом топлива стационарных паровых и водогрейных котлов, а также в топках промышленных печей.

Топочное устройство, является основным элементом котельного агрегата. В то же время топка служит теплообменным устройством, в котором происходит теплоотдача излучением из зоны горения на более холодные окружающие поверхности нагрева котла, а также устройством для улавливания и удаления некоторой части очаговых остатков при сжигании твердого топлива.

В слоевых топках осуществляется сжигание твердого кускового топлива в слое. Эта топка состоит из колосниковой решетки, поддерживающей слой кускового топлива, и топочного пространства, в котором сгорают горючие летучие вещества.

После того как топливо попало в бункер котла, оно с помощью пневмомеханического забрасывателя дозируется и подается в топку котла. Марка топки – ПМЗ-РПК 1800/1525. Далее уголь попадает на поворотную колосниковую решетку со слоевым сжиганием топлива.

При горении угля образуется шлак и дымовые газы. Твердое топливо под влиянием внешнего источника тепла на первой стадии походит процесс нагревания и коксования, в результате чего оно разделяется на летучую часть и коксовый остаток. На второй стадии происходит воспламенение летучих и сгорание их, а на третьей – сгорание кокса.

Таблица 4 – Техническая характеристика топки

Марка топки	ПМЗ-РПК 1800/1525
Тип забрасывателя	ПМЗ-400
Ширина забрасывателя, мм	400
Количество секций, шт.	2
Размер решетки, мм Ширина Длина	1800 1525
Площадь решетки, м ²	2,76
Ширина секций, мм	900
Размер топки, мм Ширина Длина	1860 2980
Масса топки, т.	не более 3,5

3.2 Экономайзер

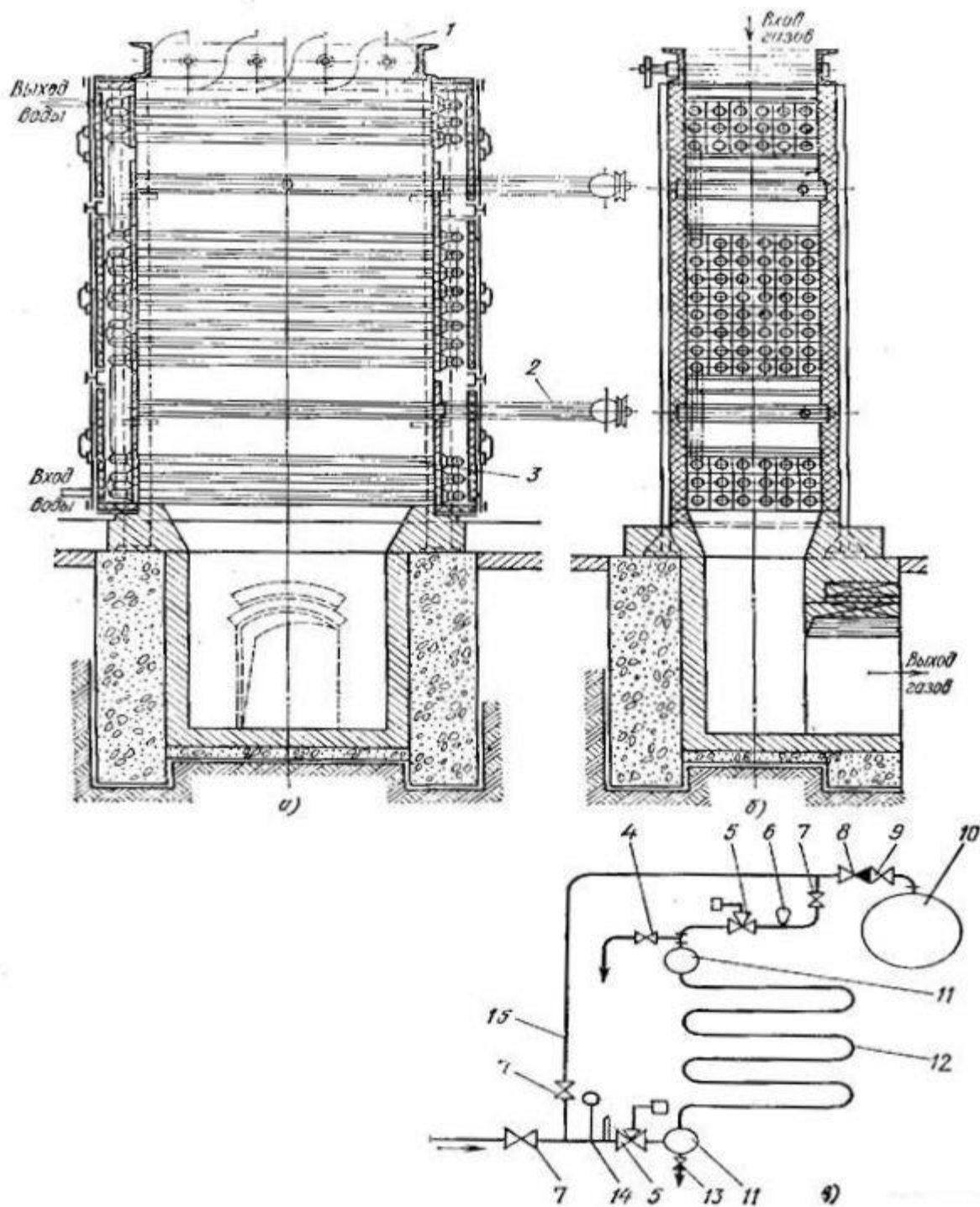
Тепло, заключенное в уходящих дымовых газах можно частично использовать путем подогрева питательной воды в водяном экономайзере. Подогрев воды в экономайзере целесообразен, так как обеспечивает экономию топлива и работу котла в более благоприятных температурных условиях.

На рисунке 3 показана установка одноколонкового экономайзера ВТИ за котлом КЕ-6,5/14. Колонка состоит из ребристых труб несколько горизонтальных рядов (до восьми) труб образуют группы, которые komponуют в одну колонку или две, разделенные металлической перегородкой. Группы собирают в каркасе с глухими стенками, состоящими из изоляционных плит, обшитых металлическими листами. Торцы экономайзеров закрывают съемными металлическими щитами. Экономайзеры снабжены стационарными обдувочными устройствами, встроенными в блоки.

Вода, нагнетаемая насосом в крайнюю нижнюю трубу нижнего ряда, последовательно проходит все трубы экономайзера и отводится из крайней трубы верхнего ряда через соединительную трубу в барабан котла. Для улучшения теплообмена движение воды в экономайзере происходит снизу вверх, а газов в газоходе – сверху вниз.

Таблица 5 – Техническая характеристика чугунного экономайзера

Марка экономайзера	ЭП2-236
Площадь поверхности нагрева, м ²	236
Число колонок, шт.	2
Длина трубы, м.	2
Предельное рабочее давление, МПа	3,0
Гидравлическое сопротивление, МПа	не более 0,2
Аэродинамическое сопротивление, Па	не более 343
Количество труб в ряду, шт.	5
Количество рядов по группам, шт.	4+8+4
Количество групп в колонках, шт.	2
Количество обдувочных устройств, шт.	2
Габаритные размеры, мм: Длина Ширина Высота	3805 1770 1970
Изготовитель	Кусинский машиностроительный завод



а – продольный разрез; б – вид с фронта; 1 – заслонки; 2 – обдувочное устройство; 3 – ребристые трубы; 4, 7, 9 и 13 – вентили; 5 – предохранительный клапан; 6 – вантуз; 8 – обратный питательный клапан; 10 – барабан котла; 11 – коллекторы; 12 – трубы экономайзера; 14 – манометр; 15 – обводная линия.

Рисунок 3 – Блочный одноколонковый экономайзер ВТИ

3.3 Воздухоподогреватель

В современных котельных установках воздухоподогреватель играет существенную роль: воспринимая тепло от уходящих газов и передавая его воздуху, он уменьшает потерю его с уходящими газами. Подогретый воздух от воздухоподогревателя направляется в топку котла, улучшая условия сгорания топлива. При этом увеличиваются температура горения и коэффициент полезного действия установки. Поэтому подогрев воздуха в современных котельных установках при использовании влажных топлив, а также трудно загорающихся антрацитов и тощих углей является необходимым мероприятием.

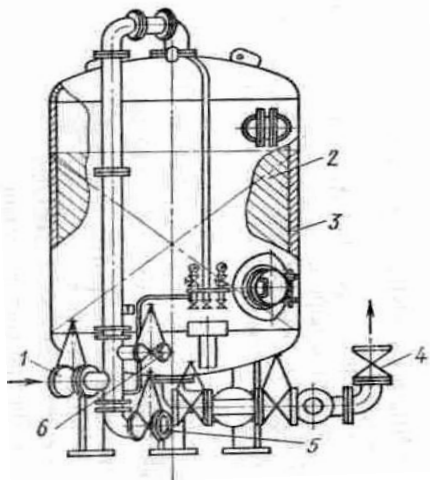
При установке воздухоподогревателя требуется искусственная тяга и дутье, т.е. установка дымососа и вентилятора для подачи воздуха в топку.

3.4 Катионовые фильтры

Для питания котельных агрегатов водой используется вода, которая поступает в здание котельной по трубам из центрального водоснабжения. Для водоподготовки используют устройство Na-катионитового фильтра первой ступени показано на рисунке 4. Фильтр представляет собой цилиндрический сосуд со сферическими днищами. Внутри сосуда помещается слой катионита, вода подается в фильтр через вентиль на слой фильтрующего катиона, под которым располагается дренажное устройство, состоящее из коллектора и системы трубок, присоединенных к нему. Отфильтрованная вода выходит через вентиль. Для регенерации фильтра соленый раствор подается через вентиль.

Конденсат отработавшего пара, возвращаемый от внешних потребителей, используется как составная часть питательной воды после его предварительной очистки от посторонних примесей.

При питании котлов конденсатом достигается значительная экономия топлива.



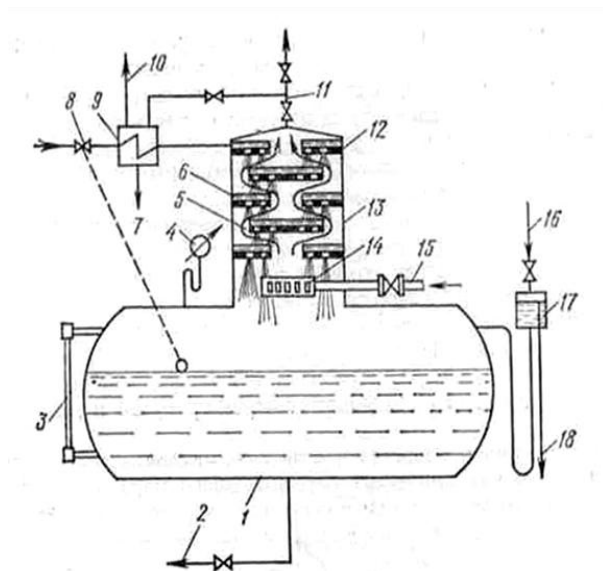
1, 4, 6 – вентили; 2 – катионит; 3 – корпус фильтра; 5 – задвижка (спуск в дренаж).

Рисунок 4 – Na-Катионитовый фильтр

3.5 Деаэратор

Деаэрацией называется освобождение питательной воды от растворенного в ней воздуха, в состав которого входят кислород и двуокись углерода. Будучи растворенными в воде, эти газы вызывают коррозию трубопроводов и поверхностей нагрева котла, вследствие чего оборудование выходит из строя.

На котельной используют термический деаэратор, который служит для удаления из питательной и подпиточной воды растворенного в ней кислорода и двуокси углерода путем нагрева ее до температуры кипения. На рисунке 5 деаэратор состоит из бака и колонки, внутри которой расположен ряд распределительных тарелок. Питательная вода (конденсат) от насосов поступает в верхнюю часть деаэратора на распределительную тарелку; по другому трубопроводу через регулятор на тарелку подводится в качестве добавки химически очищенная вода; с тарелки питательная вода отдельными и равномерными струйками распределяется по всей окружности деаэраторной колонки и стекает вниз последовательно через ряд расположенных одна под другой промежуточных тарелок с мелкими отверстиями.



- 1 – бак (аккумулятор); 2 – выпуск питательной воды из бака;
3 – водоуказательное стекло; 4 – манометр; 5, 6 и 12 – тарелки; 7 – спуск воды в дренажный бак; 8 – автоматический регулятор подачи химически очищенной воды; 9 – охладитель пара; 10 – выпуск пара в атмосферу; 11 и 15 – трубы;
13 – деаэраторная колонка, 14 – парораспределитель, 16 – впуск воды в гидравлический затвор; 17 – гидравлический затвор; 18 – выпуск лишней воды из гидравлического затвора.

Рисунок 5 – Атмосферный деаэратор смешивающего типа

Пар для подогрева воды вводится в деаэратор по трубе и парораспределитель снизу под водяную завесу, образующуюся при стекании воды с тарелки на тарелку и расходясь во все стороны, поднимается вверх,

навстречу питательной воде, нагревая ее до 104-106 °С, что соответствует избыточному давлению в деаэраторе 0,02-0,025 МПа. При этой температуре воздух выделяется из воды и вместе с остатком несконденсировавшегося пара уходит через вестовую трубу, расположенную в верхней части деаэрационной головки, непосредственно в атмосферу или в охладитель пара.

Освобожденная от кислорода и подогретая вода выливается в сборный бак, расположенный под колонкой деаэратора, откуда расходуется для питания котлов.

3.6 Шлакоудаление

При сжигании твердого топлива зола и частично не догоревшее топливо выпадают в топочном устройстве, газоходах, золоуловителе, а также уносятся в дымовую трубу. Все осаждающиеся в пределах котельного агрегата твердые частицы принято делить на две группы – шлак и золу. Доля шлака и золы от общего содержания минеральной части в топливе зависит от способа сжигания твердого топлива.

3.7 Удаление золы

Топочные газы, движущиеся по газоходам котельного агрегата, уносят с собой твердые частицы летучей золы и несгоревшего топлива. Зола, оседая на поверхность нагрева, ухудшает теплопередачу, увеличивает сопротивление газоходов и причиняет большой вред оборудованию котельной установки, вызывая износ дымососов и истирание поверхностей нагрева котельного агрегата. В связи с тем, что в котельной применяется слоевое сжигание топлива, то с продуктами сгорания уносится до 35 % золы, содержащейся в топливе.

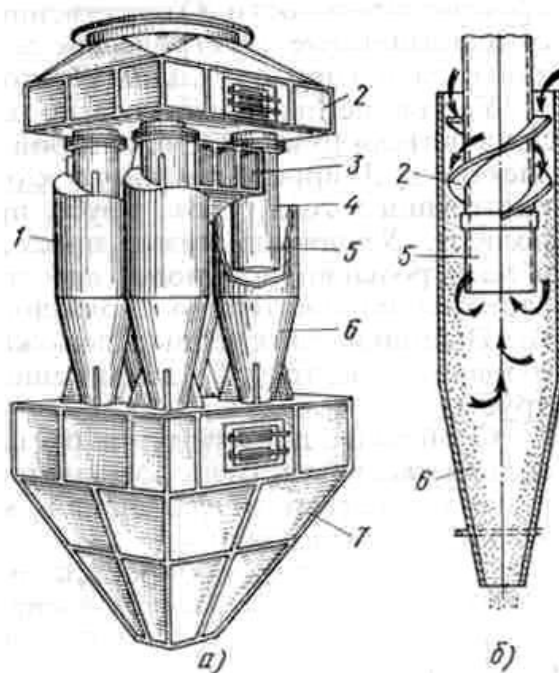
Для очистки дымовых газов в настоящее время предусмотрено использовать золоуловители. Для улавливания дымовых отходов на котельной установлен батарейный циклон БЦ-2 (рисунок 6), состоящий из нескольких циклонов не большого диаметра. Габаритные размеры: длина – 4420 мм, ширина – 1600 мм, высота – 1600 мм.

Принцип действия циклона заключается в том, что к цилиндрическому корпусу подводится с высокой скоростью запыленный газ. Твердые частицы золы, двигаясь по инерции прямо, прижимаются к корпусу циклона и вместе с газовым потоком спускаются по спирали циклона вниз. От этого вихревого движения и центробежной силы образуется пониженное давление в центре циклонов, вследствие чего поток газов в нижней части корпуса меняет свое направление и идет в центре циклона вверх, направляясь в выхлопную трубу. Поскольку плотность золы выше плотности газа, ее движение тормозится из-за трения о стенки, и зола осаждается внизу, откуда ее периодически удаляют. Степень очистки газов от золы в батарейном циклоне достигает 75-85 %.

3.8 Тягодутьевые устройства

Для горения топлива необходим непрерывный подвод в топку атмосферного воздуха и удаление из нее образующихся дымовых газов в атмосферу. Тяга и ввод воздуха в топку осуществляется искусственным путем.

а – общий вид; б – улитка циклона; 1 – циклон; 2 – спираль(улитка); 3



– входной коллектор; 4 – винтовая крышка; 5 – выхлопная труба; 6 – корпус циклона; 7 – бункер сбора золы и пыли.

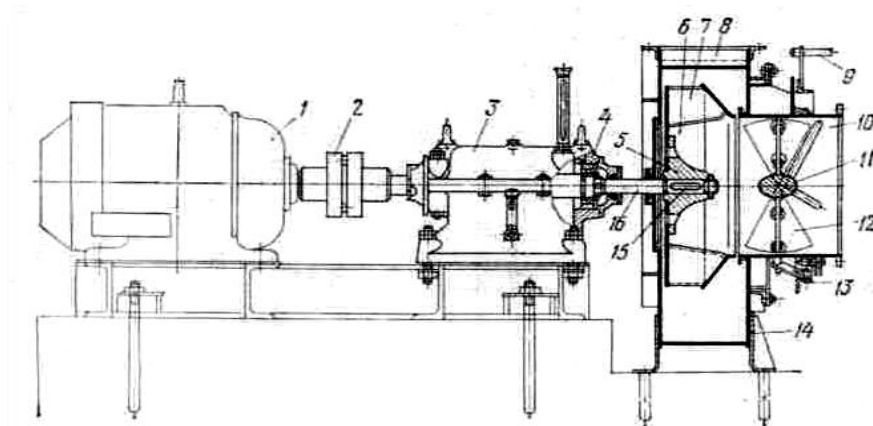
Рисунок 6 – Батарейный циклон

3.9 Вентилятор и дымосос

Для осуществления искусственной тяги установлен дутьевой вентилятор, подающий воздух в топку под небольшим давлением, и дымосос, отсасывающий дымовые газы из котлоагрегата и выбрасывающий их в дымовую трубу. Дымовая труба при этом служит для выноса дымовых газов в более высокие слои атмосферы, а тяга которую она создает, является только добавлением к тяге, создаваемой дымососом.

Центробежные вентиляторы, применяемые для преодоления сопротивления газоходов и удаления дымовых газов из котлоагрегата, называют дымососами. Дымосос ДН-9 производительностью $15 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{час}$, предназначен для отсоса дымовых газов от топок котлов. Он перемещает 1 г/м^3 угольной золы. КПД равен 83%.

Устройство дымососа приведено на рисунке 7. Принцип действия дымососа таков: дымовые газы поступают через входной всасывающий патрубок в центральную часть ротора, вращающегося с большой частотой в подшипниках, вынесенных за пределы кожуха, который представляет собой спиральную камеру. Ротор дымососа представляет собой устройство, состоящее из диска, по окружности которого приварены или прикреплены лопатки. Диск насажен на втулку, через которую проходит вал. Лопатки ротора забирают газы из внутренней полости дымососа и отбрасывают в обечайку, откуда через выходной патрубок отводятся в дымовую трубу.



1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 и 4 – подшипники; 5 – ротор; 6 – диск; 7 – лопатки (крыльчатка); 8 и 10 – выходной и входной патрубки; 9 – рукоятка поворота лопастей; 11 – центральный рассекаватель; 12 и 13 – поворотные лопасти механизма и заслонки; 14 – улитка; 15 – втулка; 16 – вал.

Рисунок 7 – Схема дымососной установки с вентилятором

3.10 Дымовая труба

Создание тяги и рассеивание мелких частиц золы, на более широкий радиус осуществляют с помощью дымовой трубы. В зависимости от температуры наружного воздуха тяга дымовой трубы изменяется: чем ниже температура наружного воздуха, тем больше разность плотностей этого воздуха и дымовых газов в трубе и тем больше тяга, а чем выше температура наружного воздуха, тем меньше тяга.

Две дымовые трубы котельной имеют высоту – 45 м., благодаря этому создается некоторый запас тяги т.е. разрежение в топке. Одна труба построена из красного кирпича, другая металлическая сделанная на заказ ленинградским заводом. Для предохранения кирпичной кладки трубы от действия горячих газов внутри трубы выводят футеровку из огнеупорного кирпича приблизительно на $\frac{1}{4}$ ее высоты. В кирпичных трубах газы остывают приблизительно на 1°C на каждый метр высоты трубы.

3.11 Обмуровка котла

Обмуровкой котельного агрегата называют стенки, отделяющие топочную камеру и газоходы от окружающей среды. Кроме того обмуровка служит для направления движения потоков дымовых газов в пределах котельного агрегата.

Обмуровка котла выполняется из материала имеющего небольшую теплопроводность и обладающего достаточной механической прочностью и температуроустойчивостью. Котельный агрегат имеет облегченную обмуровку. Свободностоящую обмуровку выполняют толщиной не менее чем в два кирпича на специальной рамке.

Обмуровку выполняют так, чтобы она при нагревании могла беспрепятственно расширяться во всех направлениях. Внутренняя часть обмуровки подвергается воздействию высоких температур, нагревается сильнее, чем наружная, и выполняется из огнеупорного кирпича. Наружную часть кладки выполняют из красного кирпича. Котельный агрегат имеет обмуровку вертикальных стен, потолочных покрытий, подвесных сводов, золовых воронок [10].

4 Проведение расчетов и определение предложений нормативов ПДВ и ВСВ

Расчет загрязнения атмосферы выбросами вредных веществ выполнялся по программе «Эколог».

Программа позволяет дать оценку загрязнения атмосферы вредными веществами, создаваемого источниками нагретых и холодных выбросов. Для наиболее опасного направления ветра в табличной форме выдается распределение концентраций вредных веществ на заданной местности. Предусмотрена возможность расчетов, как по отдельным вредным веществам, так и по их суммарному действию. Программа позволяет дать санитарно-гигиеническую оценку степени загрязнения атмосферы действующим предприятием. Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Метеорологические характеристики рассеивания веществ и коэффициенты определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

Наименование характеристик	Величина
Коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы, А	200,0
Коэффициент рельефа местности в городе	1,0
Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, Т, С	25,5
Средняя температура наиболее холодного месяца (для котельных, работающих по отопительному графику), Т, °С	-18,2
Среднегодовая роза ветров, %	3,2
С	5,8
СВ	11,2
В	2,7
ЮВ	3,4
Ю	23,6
ЮЗ	39,7
З	10,4
СЗ	6,7
Скорость ветра, повторяемость превышения которой по многолетним данным составляет 5%, м/сек	

ООО «Шиноремонтный завод» по воздействию его выбросов на атмосферный воздух относится к предприятиям 3 категории.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ проведен на площадке 1200×1500 м, с шагом 150 м.

В результате расчета загрязнения атмосферы получены концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы, создаваемые выбросами при опасных скоростях ветра и координаты этих концентраций, а также изолинии загрязнения атмосферы в долях ПДК.

В результате расчета рассеивания выявлено, что значения максимальных приземных концентраций в жилой зоне с учетом фона составляют:

- азота диоксид 0,9 ПДК, при этом вклад предприятия составляет 41,11% (0,37 ПДК);

- углерода оксид 0,77 ПДК, при этом вклад предприятия составляет 5,2% (0,04 ПДК);

- пыль неорганическая (70-20% SiO_2) 2,17 ПДК, при этом вклад предприятия составляет 12,9% (0,28 ПДК). Учитывая, что фоновое загрязнение атмосферного воздуха по взвешенным веществам составляет более 1,0 ПДК, (в перерасчете на пыль неорганическая (70-20% SiO_2) 2,0 ПДК), по пыли неорганической с содержанием SiO_2 70-20% проведен дополнительный расчет рассеивания без учета фона, в результате выявлено, что максимальная приземная концентрация по пыли неорганической с содержанием SiO_2 70-20% создаваемая выбросами предприятия в жилой зоне составляет 0,27 ПДК;

- группа суммации (азота диоксид + сера диоксид) 0,97 ПДК, при этом вклад предприятия составляет 48,45% (0,47 ПДК);

- группа суммации (углерод оксид + пыль неорганическая: 70-20% SiO_2) 2,93 ПДК, при этом вклад предприятия составляет 10,58% (0,31 ПДК). Учитывая, что фоновое загрязнение атмосферного воздуха по взвешенным веществам составляет более 1,0 ПДК (в перерасчете на пыль неорганическая (70-20% SiO_2) 2,0 ПДК) по группе суммации (углерод оксид + пыль неорганическая: 10-20% SiO_2) проведен дополнительный расчет рассеивания без учета фона, в результате выявлено, что максимальная приземная концентрация по группе суммации (углерод оксид + пыль неорганическая: 70-20% SiO_2) создаваемая выбросами предприятия в жилой зоне составляет 0,31 ПДК;

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу могут быть установлены, как нормативы ПДВ по всем ингредиентам в объеме существующих выбросов [4].

5 Мероприятия по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях

Регулирование выбросов осуществляется с учетом прогноза неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) на основе предупреждений о возможно опасном росте концентраций примесей с целью его предотвращения.

Мероприятия по первому режиму НМУ носят организационный характер и включают в себя: технологическая особенность котельных такова, что не позволяет снизить выбросы в атмосферу без снижения отпуска тепла, учитывая эту особенность, необходимо усилить контроль за режимом горения, поддержания избытка воздуха на уровне, устраняющим условия образования недожога, усилить контроль за работой циклонов (источники выброса №1 и №2).

Мероприятия по второму режиму НМУ включают в себя все мероприятия первого режима, а также прекращение сварочных работ (источник выброса №4).

Мероприятия по третьему режиму НМУ включают в себя все мероприятия первого и второго режима, а также снижение производительности на 50% на технологическом оборудовании по выпуску шлангов и прокладок (источники выброса №5 и №6).

6 Расчет выбросов вредных веществ от котельной предприятия

В котельной предприятия в эксплуатации находятся четыре котла КЕ-6,5/14 в качестве золоулавливающего оборудования используются батарейные циклоны БЦ 2-5×(3+2) (по одному на котел). Котельная вырабатывает тепло на технологические и коммунальные нужды.

Характеристика котлоагрегатов приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика котлоагрегатов

Наименование котлоагрегата	Время работы, ч/год	Расход топлива, т/год	Расход топлива при максимальной нагрузке, т/час
Котел КЕ-6,5/14 №1	2000	2250	1,5
Котел КЕ-6,5/14 №2	2000	2250	1,5
Котел КЕ-6,5/14 №3	4000	4470	1,5
Котел КЕ-6,5/14 №4	4000	4470	1,5
Всего:		13440	

В качестве топлива используется уголь разреза «Ирша - Бородинский» зольностью $A^p=6,7\%$, содержанием серы в топливе $S^p=0,2\%$, низшей теплотой сгорания натурального топлива $Q_p^H=15,5$ мДж/кг.

Выброс дымовых газов осуществляется через две дымовые трубы высотой $H=45$ м, диаметром $D=1200$ мм (источники выброса №1 и №2). К источнику №1 привязаны котлы КЕ-6,5/14 №1 и КЕ-6,5/14 №2, а к источнику №2 котлы КЕ-6,5/14 №3 и КЕ-6,5/14 №4. При максимальной нагрузке работают 3 котла, один на источнике №1 и два на источнике №2. Характеристика испытания золоулавливающих установок приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристика золоулавливающих установок

Наименование котлоагрегата	Наименование золоулавливающего оборудования	Производительность по газу, м ³ /час	КПД золоулавливающего оборудования, %
Котел КЕ-6,5/14 №1	БЦ 2-5×(3+2)	20000	83,0
Котел КЕ-6,5/14 №2	БЦ 2-5×(3+2)	22000	85,0
Котел КЕ-6,5/14 №3	БЦ 2-5×(3+2)	21500	84,0
Котел КЕ-6,5/14 №4	БЦ 2-5×(3+2)	22000	85,0

Перечень загрязняющих веществ образующихся при сжигании углей приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Загрязняющие вещества образующиеся при сжигании углей

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК м.р, мг/м ³	ПДК с.с, мг/м ³
Азота диоксид	3	0,20000	0,0400
Азота оксид	3	0,4000	0,0600
Сера оксид	3	0,5000	0,0500
Углерода оксид	4	5,000	3,0000
Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	1		1,0·10 ⁶
Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	3	0,3000	0,1000

6.1 Расчет выбросов оксидов азота, при слоевом сжигании твердого топлива

Для котлов оборудованных топками с неподвижной решеткой максимально разовый выброс с дымовыми газами суммарного количество оксидов азота NO_x в пересчете на NO₂ (в г/с, т/год) производится по формуле

$$G_{NO_2} = B_p^C \cdot Q_p^H \cdot K_{NO_2}^{T \text{ MAX} \cdot (1 - \beta_r)}, \quad (1)$$

где B_p^C – расчетный расход топлива, кг/с;

Q_p^H – низшая теплота сгорания натурального топлива, МДж/кг;

$K_{NO_2}^{T \text{ MAX}}$ – максимальный удельный выброс оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива, г/МДж;

β_r – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов подаваемых в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку, на образование оксидов азота.

Расчетный расход топлива рассчитывается по формуле

$$B_p^C = (1 - q_4 / 100) \cdot B^C, \quad (2)$$

где q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %;

B^C – максимальный расход топлива, кг/с.

Максимальный удельный выброс оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива рассчитывается по формуле

$$K_{NO_2}^{T \text{ MAX}} = 0,011 \cdot \alpha_T \cdot (1 + 5,46 \cdot 100 - R_6 / 100) \cdot \sqrt[4]{Q_p^H \cdot q_R^{MAX}}, \quad (3)$$

где α_T – коэффициент избытка воздуха и топке;

R_6 – характеристика гранулометрического состава угля – остаток на сите с размером ячеек 6 мм, %

q_R^{MAX} – максимальное тепловое напряжение зеркала горения, МВт/м².

Максимальное тепловое напряжение зеркала горения рассчитывается по формуле

$$q_R^{MAX} = \frac{Q_T^{MAX}}{F}, \quad (4)$$

где Q_T^{MAX} – максимальная фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу при максимальной нагрузке, МВт;

F – зеркало горения, м².

Максимальная фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку учитывается по формуле

$$Q_T^{MAX} = B_P^C \cdot Q_P^H. \quad (5)$$

Безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, подаваемых в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку, на образование оксидов азота рассчитывается по формуле

$$\beta_R = 1 - 0,75 \cdot \sqrt{r}, \quad (6)$$

где r – степень рециркуляции дымовых газов, %.

Для котлов оборудованных топками с неподвижной решеткой годовой выброс с дымовыми газами суммарного количество оксидов азота NO_x производится по формуле

$$M_{NO_x} = 0,001 \cdot B_P \cdot Q_P^H \cdot K_{NO_2}^{T \text{ CP}} \cdot (1 - \beta_R), \quad (7)$$

где B_P – расчетный расход топлива, т/год;

$K_{NO_2}^{T \text{ CP}}$ – средний удельный выброс оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива, г/МДж;

Расчетный расход топлива рассчитывается по формуле

$$B_P = \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot B, \quad (8)$$

где q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %;

B – годовой расход топлива, т/год.

Средний удельный выброс оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива рассчитывается по формуле

$$K_{\text{NO}_2}^{\text{T CP}} = 0,011 \cdot \alpha_{\text{T}} \cdot (1 + 5,46 \cdot 100 - R_6 / 100) \cdot \sqrt[4]{Q_{\text{P}}^{\text{H}} \cdot q_{\text{R}}^{\text{CP}}}, \quad (9)$$

где α_{T} – коэффициент избытка воздуха и топке;

q_{R}^{CP} – среднее тепловое напряжение зеркала горения, МВт/м².

Среднее тепловое напряжение зеркала горения рассчитывается по формуле

$$q_{\text{R}}^{\text{CP}} = \frac{Q_{\text{T}}^{\text{CP}}}{F}, \quad (10)$$

где Q_{T}^{CP} – фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу при максимальной нагрузке, МВт;

Фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{T}}^{\text{CP}} = B_{\text{P}}^{\text{CP}} \cdot Q_{\text{P}}^{\text{H}}, \quad (11)$$

где B_{P}^{CP} – средний расчетный расход топлива, кг/с.

Средний расчетный расход топлива рассчитывается по формуле

$$B_{\text{P}}^{\text{CP}} = 1000 \cdot B_{\text{P}} / 3600 \cdot T_{\text{i}}, \quad (12)$$

где T_{i} – суммарное время работы котлов на угле отдельно взятого месторождения, ч/год.

В связи с установленными отдельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота разделяются на составляющие (с учетом различия в молекулярной массе этих веществ).

$$G_{\text{NO}_2} = 0,8 \cdot G_{\text{NO}_x} \quad (13)$$

$$G_{\text{NO}} = 0,13 \cdot G_{\text{NO}_x} \quad (14)$$

$$M_{\text{NO}_2} = 0,8 \cdot M_{\text{NO}_x} \quad (15)$$

$$M_{\text{NO}} = 0,13 \cdot M_{\text{NO}_x} \quad (16)$$

6.2 Расчет выбросов оксидов серы, при слоевом сжигании твердого топлива

Максимально разовый выброс оксидов серы, в перерасчете на SO₂ производится по формуле

$$G_{SO_2} = 0,02 \cdot B^C \cdot S^P \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (17)$$

где B^C – максимальный расход топлива, г/с;

S^P – содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

η'_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле;

η''_{SO_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц = 0.

Годовой выброс оксидов серы, в перерасчете на SO₂ производится по формуле

$$G_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^P \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (18)$$

где B – годовой расход топлива, г/с.

6.3 Расчет выбросов оксида углерода, при слоевом сжигании твердого топлива

Максимально разовый выброс оксида углерода производится по формуле

$$G_{CO} = 10^{-3} \cdot B \cdot C_{CO} \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (19)$$

где B – максимальный расход топлива, г/с;

C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг и рассчитывается по формуле

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_p^H, \quad (20)$$

где q_3 – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %;

R – коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода; принимается для твердого топлива – 1,0.

Годовой выброс оксида углерода производится по формуле

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot B \cdot C_{CO} \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right). \quad (21)$$

6.4 Расчет выбросов бенз(а)пирена, при слоевом сжигании твердого топлива

Максимально разовый выброс бенз(а)пирена производится по формуле

$$G_{Б(а)П} = 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot C_{Б(а)П} \cdot V_{CG} \cdot B_P^C, \quad (22)$$

где $C_{Б(а)П}$ – концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах котлов малой мощности при слоевом сжигании твердых топлив $C_{Б(а)П}$ (мг/нм³), приведенную к избытку воздуха в газах $\alpha=1,4$, рассчитывают по формуле

$$C_{Б(а)П} = 10^{-3} \cdot \left(\frac{A \cdot Q_p^H}{e^{2,5\alpha_r}} + \frac{R}{t_H} \right) \cdot K_D \cdot K_{3y}, \quad (23)$$

где A – коэффициент, характеризующий тип колосниковой решетки и вид топлива=2,5;

Q_p^H – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

R – коэффициент, характеризующий температурный уровень экранов;

t_H – температура насыщения на выходе из котла;

K_D – коэффициент, учитывающий нагрузку котла.

$$K_D = \left(\frac{D_H}{D_\Phi} \right)^{1,2}, \quad (24)$$

где D_H – номинальная нагрузка котла, кг/с;

D_Φ – фактическая нагрузка котла, кг/с;

Коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителем и определяемый по соотношению

$$K_{3y} = 1 - \eta_{3y} \cdot z, \quad (25)$$

где η_{3y} – степень очистки газов в золоуловителе по золе, %;

z – коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности золоуловителем бенз(а)пирена, для сухих золоуловителей при температуре газов перед золоуловителем,

V_{CG} – объем сухих дымовых газов при нормальных условиях, м³/кг, определяется по формуле

$$V_{\text{сг}} = K \cdot Q_p^H, \quad (26)$$

где K – коэффициент, учитывающий характер топлива;

Годовой выброс бензапирена производится по формуле

$$M_{\text{Б(а)П}} = 10^{-6} \cdot C_{\text{Б(а)П}} \cdot V_{\text{сг}} \cdot B_p. \quad (27)$$

6.5 Расчет выбросов твердых частиц, при слоевом сжигании твердого топлива

Максимально разовый выброс твердых частиц производится по формуле

$$G_{\text{ТВ}} = 0,01 \cdot B^C \cdot \left(a_{\text{ун}} \cdot A^P + \left(\frac{q_4}{100} \right) \cdot \frac{Q_p^H}{32,68} \right) \cdot \left(1 - \frac{\eta_{\text{зу}}}{100} \right), \quad (28)$$

где B^C – расход топлива, т/год;

A^P – зольность топлива на рабочую массу, %;

$a_{\text{ун}}$ – доля золы, уносимой газами из котла;

Q_p^H – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$\eta_{\text{зу}}$ – доля твердых частиц от их общего количества, улавливаемых в золоуловителях, %.

Годовой выброс твердых частиц производится по формуле

$$M_{\text{ТВ}} = 0,01 \cdot B \cdot \left(a_{\text{ун}} \cdot A^P + q_4 \cdot \frac{Q_p^H}{32,68} \right) \cdot (1 - \eta_{\text{зу}}), \quad (29)$$

где B – расход топлива, т/год;

A^P – зольность топлива на рабочую массу, %;

$a_{\text{ун}}$ – доля золы, уносимой газами из котла;

Q_p^H – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$\eta_{\text{зу}}$ – доля твердых частиц от их общего количества, улавливаемых в золоуловителях, % [12].

6.6 Расчет максимально разовых выбросов окислов азота

Котел КЕ-6,5/14 №1.

Максимальный расход топлива $B^{\text{MAX}} = 1,5$ т/час.

Максимальный расход топлива составляет $B^{\text{C}} = 0,4167$ кг/с.

Расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет $B_p^{\text{C}} = 0,3958$ кг/с.

Фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, при $Q_p^{\text{H}} = 15,5$ МДж/кг, составляет $Q_T^{\text{MAX}} = 6,1354$ МВт.

Тепловое напряжение зеркала горения котла, при зеркале горения $F = 13,0 \text{ м}^2$, составляет $q_R^{\text{MAX}} = 0,472$ МВт/м².

Максимальный удельный выброс окислов азота при слоевом сжигании твердого топлива, при $\alpha_T = 2,5$; $R_6 = 40\%$, составляет $K_{\text{NO}_2}^{\text{T MAX}} = 0,1934$.

Степень рециркуляции дымовых газов $r = 0$, $\beta_r = 0$.

Суммарное количество окислов азота NO_x , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами составляет $G_{\text{NO}_2} = 1,187$ г/с.

В связи с установленными отдельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы окислов азота разделяются на составляющие.

Выбросы азота диоксида составляют $G_{\text{NO}_2} = 0,949$ г/с.

Выбросы азота оксида составляют $G_{\text{NO}} = 0,154$ г/с.

Котел КЕ-6,5/14 №2, №3, №4.

Данные расчетов аналогичны данным для расчета котла КЕ-6,5/14 №1.

6.7 Расчет годовых выбросов окислов азота

Котел КЕ-6,5/14 №1.

$B = 2250$ т/год. Время работы 2000 ч/год.

Расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет $B_p = 2137,5$ т/год

Средний расчетный расход топлива составляет $B_p^{\text{CP}} = 0,2969$ кг/с.

Фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, при $Q_p^{\text{H}} = 15,5$ МДж/кг, составляет $Q_T^{\text{MAX}} = 4,6016$ МВт.

Тепловое напряжение зеркала горения, при зеркале горения $F = 13,0 \text{ м}^2$, составляет $q_R^{\text{MAX}} = 0,354$ МВт/м².

Средний удельный выброс окислов азота при слоевом сжигании твердого топлива, при $\alpha_T = 2,5$; $R_6 = 40\%$, составляет $K_{\text{NO}_2}^{\text{T CP}} = 0,18$.

Степень рециркуляции дымовых газов $r = 0$, $\beta_r = 0$.

Суммарное количество окислов азота NO_x , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами составляет $M_{\text{NO}_x} = 5,9625$ т/год.

В связи с установленными отдельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота разделяются на составляющие.

Выбросы диоксида азота составляют $M_{\text{NO}_2} = 4,77$ т/год.

Выбросы оксида азота составляют $M_{\text{NO}} = 0,7751$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №2.

Данные расчетов аналогичны данным для расчета котла КЕ-6,5/14 №1.

Котел КЕ-6,5/14 №3.

$B=4470$ т/год. Время работы 4000 ч/год.

Расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет $B_p = 4246,5$, т/год.

Средний расчетный расход топлива составляет $B_p^{\text{cp}} = 0,2949$ кг/с.

Фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, при $Q_p^H = 15,5$ МДж/кг, составляет $Q_T^{\text{MAX}} = 4,5709$ МВт.

Тепловое напряжение зеркала горения, при зеркале горения $F = 13,0 \text{ м}^2$, составляет $q_R^{\text{MAX}} = 0,3516$ МВт/м².

Средний удельный выброс оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива, при $\alpha_T = 2,5$; $R_6 = 40\%$, составляет $K_{\text{NO}_2}^{T \text{ cp}} = 0,1797$.

Степень рециркуляции дымовых газов $r = 0$, $\beta_r = 0$.

Суммарное количество оксидов азота NO_x , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами составляет $M_{\text{NO}_x} = 11,8258$ т/год.

В связи с установленными отдельными ПДК для оксида и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота разделяются на составляющие.

Выбросы диоксида азота составляют $M_{\text{NO}_2} = 9,4606$ т/год.

Выбросы оксида азота составляют $M_{\text{NO}} = 1,5374$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №4.

Данные расчетов аналогичны данным для расчета котла КЕ-6,5/14 №3.

Расчет выбросов по источникам азота диоксида – таблица 10, азота оксида – таблица 11.

Таблица 10 – Расчет выбросов азота диоксида по источникам

№ источника выброса	Наименование котлоагрегата	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы азота диоксида		Итого по источнику		
			г/с	т/год	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы	
						г/с	т/год
1	Котел КЕ-6,5/14 №1	20000	0,949	4,77	20000*	0,949*	9,54
	Котел КЕ-6,5/14 №2	22000	0,949	4,77			
2	Котел КЕ-6,5/14 №3	21500	0,949	9,4606	43500	1,898	18,9212
	Котел КЕ-6,5/14 №4	22000	0,949	9,4606			

* – при максимальной нагрузке работает один котел.

Таблица 11 – Расчет выбросов азота оксида по источникам

№ источника выброса	Наименование котлоагрегата	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы азота оксида		Итого по источнику		
			г/с	т/год	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы	
						г/с	т/год
1	Котел КЕ-6,5/14 №1	20000	0,154	0,7751	20000*	0,154*	1,5502
	Котел КЕ-6,5/14 №2	22000	0,154	0,7751			
2	Котел КЕ-6,5/14 №3	21500	0,154	1,5374	43500	0,308	3,0748
	Котел КЕ-6,5/14 №4	22000	0,154	1,5374			

* – при максимальной нагрузке работает один котел.

6.8 Расчет выбросов окислов серы

Котел КЕ-6,5/14 №1

Максимальный расход топлива $B^{\max} = 1,5$ т/час.

$B = 2250$ т/год. Время работы 2000 ч/год.

$S^p = 0,2\%$; $\eta'_{\text{SO}_2} = 0,2$; $\eta''_{\text{SO}_2} = 0$.

Максимальный расход топлива составляет $B_c = 416,7$ г/с.

$G_{\text{SO}_2} = 1,333$ г/с; $G_{\text{SO}_2} = 7,2$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №2.

Данные расчетов аналогичны данным для расчета котла КЕ-6,5/14 №1.

Котел КЕ-6,5/14 №3.

Максимальный расход топлива $B^{\max} = 1,5$ т/час.

$B = 2250$ т/год. Время работы 4000 ч/год.

$S^p = 0,2\%$; $\eta'_{\text{SO}_2} = 0,2$; $\eta''_{\text{SO}_2} = 0$.

Максимальный расход топлива составляет $B_c = 416,7$ г/с

$G_{\text{SO}_2} = 1,333$ г/с; $G_{\text{SO}_2} = 14,304$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №4.

Данные расчетов аналогичны данным для расчета котла КЕ-6,5/14 №3.

Расчет выбросов по источникам серы диоксида – таблица 12.

6.9 Расчет выбросов оксида углерода

Котел КЕ-6,5/14 №1.

Максимальный расход топлива $B^{\max} = 1,5$ т/час.

$B = 2250$ т/год. Время работы 2000 ч/год.

$Q_p^H = 15,5$ МДж/кг; $q_3 = 1,0\%$; $q_4 = 5,0\%$.

Максимальный расход топлива составляет $B_c = 416,7$ г/с;

$C_{\text{CO}} = 15,5$ г/кг; $G_{\text{CO}} = 6,135$ г/с; $M_{\text{CO}} = 33,1313$ т/год;

Котел КЕ-6,5/14 №2.

Данные расчетов аналогичны данным для расчета котла КЕ-6,5/14 №1.

Котел КЕ-6,5/14 №3.

Максимальный расход топлива $B^{\max} = 1,5$ т/час.

$B = 4470$ т/год. Время работы 4000 ч/год.

$Q_p^H = 15,5$ МДж/кг; $q_3 = 1,0\%$; $q_4 = 5,0\%$.

Максимальный расход топлива составляет $B_c = 416,7$ г/с;

$C_{\text{CO}} = 15,5$ г/кг; $G_{\text{CO}} = 6,135$ г/с; $M_{\text{CO}} = 65,8208$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №4.

Данные расчетов аналогичны данным для расчета котла КЕ-6,5/14 №3.

Расчет выбросов по источникам оксида углерода – таблица 13.

Таблица 12 – Расчет выбросов серы диоксида по источникам

№ источника выброса	Наименование котлоагрегата	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы серы диоксида		Итого по источнику		
			г/с	т/год	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы серы диоксида	
						г/с	т/год
1	Котел КЕ-6,5/14 №1	20000	1,333	7,2	20000*	1,333*	14,4
	Котел КЕ-6,5/14 №2	22000	1,333	7,2			
2	Котел КЕ-6,5/14 №3	21500	1,333	14,304	43500	2,666	28,608
	Котел КЕ-6,5/14 №4	22000	1,333	14,304			

* – при максимальной нагрузке работает один котел.

Таблица 13 – Расчет выбросов углерода оксида по источникам

№ источника выброса	Наименование котлоагрегата	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы углерода оксида		Итого по источнику		
			г/с	т/год	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы углерода оксида	
						г/с	т/год
1	Котел КЕ-6,5/14 №1	20000	6,135	33,1313	20000*	6,135*	66,2626
	Котел КЕ-6,5/14 №2	22000	6,135	33,1313			
2	Котел КЕ-6,5/14 №3	21500	6,135	65,8208	43500	12,27	131,6416
	Котел КЕ-6,5/14 №4	22000	6,135	65,8208			

* – при максимальной нагрузке работает один котел.

6.10 Расчет выбросов бенз(а)пирена

Котел КЕ-6,5/14 №1.

Максимальный расход топлива $V^{\max} = 1,5$ т/час.

$V = 2250$ т/год. Время работы 2000 ч/год.

$K = 0,375$; $A = 2,5$; $Q_p^H = 15,5$ МДж/кг; $\eta_{3y} = 0,83$

$\alpha_T = 1,4$; $R = 290$; $t_H = 130^\circ\text{C}$; $D_H = D_0$; $K_d = 1,0$;

Максимальный расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет

$V_p^c = 1,425$ кг/ч.

Объем сухих дымовых газов при нормальных условиях составляет

$V_{CT} = 5,81$ м³/кг.

Концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, приведенная к избытку воздуха и газах $\alpha = 1,4$ составляет $C_{B(a)П} = 0,00114$ мг/м³

$G_{B(a)П} = 0,0000026$ г/с;

Расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет $V_p = 2137,5$ т/год

$M_{B(a)П} = 0,0000142$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №2.

Максимальный расход топлива $V^{\max} = 1,5$ т/час.

$V = 2250$ т/год. Время работы 2000 ч/год.

$K = 0,375$; $A = 2,5$; $Q_p^H = 15,5$ МДж/кг; $\eta_{3y} = 0,83$.

$\alpha_T = 1,4$; $R = 290$; $t_H = 130^\circ\text{C}$; $D_H = D_0$; $K_d = 1,0$;

Максимальный расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет

$V_p^c = 1,425$ кг/ч.

Объем сухих дымовых газов при нормальных условиях составляет

$V_{CT} = 5,81$ м³/кг.

Концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, приведенная к избытку воздуха и газах $\alpha = 1,4$ составляет $C_{B(a)П} = 0,00109$ мг/м³

$G_{B(a)П} = 0,0000025$ г/с.

Расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет $V_p = 2137,5$ т/год

$M_{B(a)П} = 0,0000135$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №3.

Максимальный расход топлива $V^{\max} = 1,5$ т/час.

$V = 4470$ т/год. Время работы 4000 ч/год.

$K = 0,375$; $A = 2,5$; $Q_p^H = 15,5$ МДж/кг; $\eta_{3y} = 0,83$.

$$\alpha_T = 1,4; R = 290; t_H = 130^\circ \text{C}; D_H = D_0; K_d = 1,0;$$

Максимальный расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет

$$B_p^c = 1,425 \text{ кг/ч.}$$

Объем сухих дымовых газов при нормальных условиях составляет

$$V_{\text{сг}} = 5,81 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, приведенная к избытку воздуха и газах $\alpha = 1,4$ составляет $G_{\text{Б(а)П}} = 0,00112 \text{ мг/м}^3$

$$G_{\text{Б(а)П}} = 0,0000026 \text{ г/с}$$

Расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет $B_p = 4246,5 \text{ т/год}$

$$M_{\text{Б(а)П}} = 0,0000275 \text{ т/год.}$$

Котел КЕ-6,5/14 №4.

Максимальный расход топлива $B^{\text{max}} = 1,5 \text{ т/час.}$

$B = 4470 \text{ т/год.}$ Время работы 4000 ч/год.

$$K = 0,375; A = 2,5; Q_p^H = 15,5 \text{ МДж/кг; } \eta_{3y} = 0,83.$$

$$\alpha_T = 1,4; R = 290; t_H = 130^\circ \text{C}; D_H = D_0; K_d = 1,0;$$

Максимальный расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет

$$B_p^c = 1,425 \text{ кг/ч.}$$

Объем сухих дымовых газов при нормальных условиях составляет

$$V_{\text{сг}} = 5,81 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах, приведенная к избытку воздуха и газах $\alpha = 1,4$ составляет $C_{\text{Б(а)П}} = 0,00109 \text{ мг/м}^3$

$$G_{\text{Б(а)П}} = 0,0000025 \text{ г/с}$$

Расчетный расход топлива, при $q_4 = 5,0\%$, составляет $B_p = 4246,5 \text{ т/год}$

$$M_{\text{Б(а)П}} = 0,0000269 \text{ т/год.}$$

Расчет выбросов по источникам бенз(а)пирена – таблица 14.

6.11 Расчет выбросов твердых частиц

Котел КЕ-6,5/14 №1.

Максимальный расход топлива $B^{\text{max}} = 1,5 \text{ т/час.}$

$B = 2250 \text{ т/год.}$ Время работы 2000 ч/год.

$$\alpha_{3y} = 0,27; A^P = 6,7\%; q_4 = 5\%; Q_p^H = 15,5 \text{ МДж/кг; } \eta_{3y} = 83\%.$$

Максимальный расход топлива составляет $B_c = 416,7 \text{ г/с, } G_{\text{ТВ}} = 1,298.$

Количество твердых веществ поступающих на очистку составляет

$$M_{\text{ТВ}} = 41,2361 \text{ т/год.}$$

Количество твердых веществ выбрасываемых в атмосферу составляет $M_{\text{ТВ}} = 7,0101$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №2.

Максимальный расход топлива $B^{\text{max}} = 1,5$ т/час.

$B = 2250$ т/год. Время работы 2000 ч/год.

$\alpha_{\text{zy}} = 0,27$; $A^{\text{P}} = 6,7\%$; $q_4 = 5\%$; $Q_{\text{p}}^{\text{H}} = 15,5$ МДЖ/кг; $\eta_{\text{zy}} = 85\%$.

Максимальный расход топлива составляет $B_{\text{c}} = 416,7$ г/с. $G_{\text{ТВ}} = 1,145$

Количество твердых веществ поступающих на очистку составляет

$M_{\text{ТВ}} = 41,2361$ т/год.

Количество твердых веществ выбрасываемых в атмосферу составляет

$M_{\text{ТВ}} = 6,1854$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №3.

Максимальный расход топлива $B^{\text{max}} = 1,5$ т/час.

$B = 4470$ т/год. Время работы 4000 ч/год.

$\alpha_{\text{zy}} = 0,27$; $A^{\text{P}} = 6,7\%$; $q_4 = 5\%$; $Q_{\text{p}}^{\text{H}} = 15,5$ МДЖ/кг; $\eta_{\text{zy}} = 84\%$.

Максимальный расход топлива составляет $B_{\text{c}} = 416,7$ г/с. $G_{\text{ТВ}} = 1,222$

Количество твердых веществ поступающих на очистку составляет

$M_{\text{ТВ}} = 81,9223$ т/год.

Количество твердых веществ выбрасываемых в атмосферу составляет

$M_{\text{ТВ}} = 13,1076$ т/год.

Котел КЕ-6,5/14 №4.

Данные расчетов аналогичны данным для расчета котла КЕ-6,5/14 №1.

Расчет выбросов по источникам твердых веществ – таблица 15.

Таблица 14 – Расчет выбросов бенз (а) пирена по источникам

№ Источника выброса	Наименование котлоагрегата	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы бенз(а)пирена		Итого по источнику		
			г/с	т/год	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы бенз(а)пирена	
						г/с	т/год
1	Котел КЕ-6,5/14 №1	20000	0,0000026	0,0000142	20000*	0,0000026*	0,0000277
	Котел КЕ-6,5/14 №2	22000	0,0000025	0,0000135			
2	Котел КЕ-6,5/14 №3	21500	0,0000026	0,0000275	43500	0,0000051	0,0000544
	Котел КЕ-6,5/14 №4	22000	0,0000025	0,0000269			

* – при максимальной нагрузке работает один котел

Таблица 15 – Расчет выбросов твердых частиц по источникам

№ источника выброса	Наименование котлоагрегата	Производительность по газу, м ³ /час	Количество тв. частиц поступающих на очистку, т/год	Средняя эксплуатационная степень очистки, %	Выбросы твердых частиц		Итого по источнику		
					г/с	т/год	Производительность по газу, м ³ /час	Выбросы тв. частиц	
								г/с	т/год
1	Котел КЕ-6,5/14 №1	20000	41,2361	83,0	1,298	7,0101	20000*	1,298*	13,1955
	Котел КЕ-6,5/14 №2	22000	41,2361	85,0	1,145	6,1854			
2	Котел КЕ-6,5/14 №3	21500	81,9224	84,0	1,222	13,1076	43500	2,367	25,396
	Котел КЕ-6,5/14 №4	22000	81,9224	85,0	1,145	12,2884			

* – при максимальной нагрузке работает один котел

7 Расчет выбросов твердых частиц от открытого склада угля

Выбросы твердых частиц в атмосферу открытыми складами угля определяются как сумма выбросов при формировании склада и при сдувании частиц с их пылящей поверхности.

Количество твердых частиц, выделяющихся при формировании склада, определяется по формуле

$$M_{\text{СК}}^{\Phi} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot g_{\text{СК}}^{\text{уд}} \cdot \Pi_{\Gamma} \cdot (1 - \eta') \cdot 10^{-6}, \quad (30)$$

где K_0 – коэффициент, учитывающий влажность материала;

K_1 – коэффициент, учитывающий скорость ветра;

K_4 – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий;

K_5 – коэффициент, учитывающий высоту пересыпки материала;

$g_{\text{СК}}^{\text{уд}}$ – удельное выделение твердых частиц с тонны угля, поступающего на склад, г/т (принимается равным 3 г/т);

Π_{Γ} – количество угля поступающего на склад, т/год;

η' – эффективность применяемых средств пылеподавления.

$$M_{\text{СК}}^{\Phi'} = \frac{K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot g_{\text{СК}}^{\text{уд}} \cdot \Pi_{\text{ч}} \cdot (1 - \eta')}{3600}, \quad (31)$$

где $\Pi_{\text{ч}}$ – максимальное количество угля, поступающего на склад, т/ч.

Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности открытых складов угля, определяется по формуле

$$M_{\text{СК}}^{\text{С}} = 31,5 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot S_{\text{ш}} \cdot W_{\text{ш}} \cdot \gamma \cdot (1 - \eta') \cdot 10^3, \quad (32)$$

где K_6 – коэффициент, учитывающий профиль поверхности складированного материала;

$S_{\text{ш}}$ – площадь пылящей поверхности склада, м²;

$W_{\text{ш}}$ – удельная сдуваемость твердых частиц с пылящей поверхности склада угля, (принимается равной $1,0 \cdot 10^{-6}$ кг/м²);

γ – коэффициент измельчения горной массы (принимается равной 0,1).

$$M_{\text{СК}}^{\text{С}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot S_{\text{ш}} \cdot W_{\text{ш}} \cdot \gamma \cdot (1 - \eta') \cdot 10^3. \quad (33)$$

Угольный склад котельной — источник выброса №3. Угольный склад размером 40×20 метров закрыт с трех сторон. $K_4 = 0,4$. Площадь $S_{ш} = 800\text{м}$. Максимальное количество угля поступающее на склад в течении часа $\Pi_{ч} = 20\text{т}$. Расход угля $\Pi_{г} = 13440\text{ т/год}$. Коэффициенты для расчета: $K_0 = 1,0$; $K_4 = 1,4$; $K_5 = 0,5$; $K_6 = 1,3$.

$$M_{СК}^{\Phi'} = 0,0047\text{ г/с}$$

$$M_{СК}^{\Phi} = 0,0113\text{ т/год}$$

$$M_{СК}^C = 0,0582\text{ г/с}$$

$$M_{СК}^C = 1,8346\text{ т/год}$$

$$M_{СК}^{\cdot} = 0,0629\text{ г/с}$$

$$M_{СК} = 1,8459\text{ т/год}$$

8 Расчет выбросов вредных веществ от передвижных источников на территории предприятия

На балансе ООО «Шиноремонтный завод» состоят:

- легковые автомобили: ГАЗ 3102 2шт.;
- грузовые автомобили с бензиновым ДВС: ГАЗ-53 2шт.;
- грузовые автомобили с дизельным ДВС: КАМАЗ 2шт.;
- дорожные машины 2 шт. (Т-170, Т-140);
- автопогрузчики 1 дизельный и 1 карбюраторный.

Расчет выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников предприятия (автомобили) произведен по «Методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий», Минтранс. РФ, 1998г.

Выбросы i -го вещества одним автомобилем k -ой группы в день при выезде $M_{\text{ИК}}^I$ с территории предприятия и возврате $M_{\text{ИК}}^{\text{II}}$, рассчитываются по формулам

$$M_{\text{ИК}}^I = m_{\text{прИК}} \cdot t_{\text{пр}} + m_{L_{\text{ИК}}} \cdot L_1 + m_{\text{хх}_{\text{ИК}}} \cdot t_{\text{хх}_1}, \quad (34)$$

$$M_{\text{ИК}}^{\text{II}} = m_{L_{\text{ИК}}} \cdot L_2 + m_{\text{хх}_{\text{ИК}}} \cdot t_{\text{хх}_2}, \quad (35)$$

где $M_{\text{ИК}}^I$ – выброс вредного вещества от одного автомобиля при выезде с территории предприятия, г/день;

$M_{\text{ИК}}^{\text{II}}$ – выброс вредного вещества от одного автомобиля при въезде на территорию предприятия, г/день;

$m_{\text{прИК}}$ – удельный выброс i -го вещества при прогреве двигателя автомобиля k -ой группы, г/мин;

$t_{\text{пр}}$ – время прогрева двигателя, мин;

$m_{L_{\text{ИК}}}$ – пробеговой выброс i -го вещества при движении по территории автомобиля с постоянной скоростью, г/км;

L_1, L_2 – пробег по территории предприятия одного автомобиля в день при выезде (возврате), км;

$m_{\text{хх}_{\text{ИК}}}$ – удельный выброс i -го вещества при работе двигателя на холостом ходу, г/мин;

$t_{\text{хх}_1}, t_{\text{хх}_2}$ – время работы двигателя на холостом ходу на предприятии при выезде (возврате), мин.

При проведении контроля токсичности ОГ удельный выброс загрязняющих веществ снижается, поэтому

$$m_{\text{пр}_{\text{IK}}} = m_{\text{пр}_{\text{IK}}} \cdot k_1, \quad (36)$$

$$m_{xx_{1K}} = m_{xx_{1K}} \cdot k_1. \quad (37)$$

Расчет соединений свинца не производим, так как автомобили работают на неэтилированном бензине и токсичное соединение свинца не образуется.

Максимальный разовый выброс i -го вещества (G_i^I) определяется по формуле

$$G_i^I = \frac{\sum_{K=1}^P (m_{пп_{1K}} \cdot t_{пп} + m_{L_{1K}} \cdot L + m_{xx} \cdot t_{xx_1}) \cdot \alpha_B \cdot N_K}{60 \cdot t_p}, \quad (38)$$

где t_p – время разезда автомобилей, $t_p = 90$ мин.

Таблица 16 – Данные для расчета вредных выбросов от передвижных источников

Параметр	Величина
Расстояние въезда (выезда), км	0,2
Количество рабочих дней в расчетном периоде (холодном/теплом)	140/140
Коэффициент одновременности выпуска (холодном/теплом)	1,0

Расчет выбросов загрязняющих веществ от дорожных машин – таблице 17

Таблица 17 – Расчет выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников

Автомобиль	Кол-во	m _{L1k} , г/км		m _{ПР1к} , г/мин		m _{хх1k} ЛЛ 1К	Выброс вещества	
		т.п.г	х.п.г	т.п.г.	х.п.г.		г/мин	г/с
1. Оксид углерода (k=0,8(Б), k=0,9(Д))								
Легковые 1,8-3,5л.	2	17,0	21,3	5,0	6,2	4,5	0,0139	0,0169
Грузовые 2-5т. Б.	2	29,7	37,3	15,0	18,3	10,2	0,0383	0,0434
Грузовые 5-8т. Д.	2	5,1	6,2	2,8	3,8	2,8	0,009	0,0098
Итого							0,0612	0,0701
2. Углеводороды (k=0,9(Б), k=0,9(Д))								
Легковые 1,8-3,5л.	2	1,7	2,5	0,65	0,8	0,4	0,0019	0,0022
Грузовые 2-5т. Б.	2	5,5	6,9	1,5	2,5	1,7	0,0061	0,0068
Грузовые 5-8т. Д.	2	0,9	1,1	0,38	0,5	0,35	0,0012	0,0013
Итого							0,0092	0,0103
3. Диоксид азота (k=1,0(Б), k=1,0(Д))								
Легковые 1,8-3,5л.	2	0,4	0,4	0,05	0,05	0,05	0,00016	0,00023
Грузовые 2-5т. Б.	2	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2	0,00058	0,00074
Грузовые 5-8т. Д.	2	3,5	3,5	0,6	0,6	0,6	0,00182	0,00246
Итого							0,0026	0,0034
4. Сернистый ангидрид (k=0,95(Б) k=0,95(Д))								
Легковые 1,8-3,5л.	2	0,07	0,09	0,013	0,014	0,012	0,00004	0,00005
Грузовые 2-5т. Б.		0,15	0,19	0,02	0,022	0,054	0,00008	0,00011
Грузовые 5-8т. Д.	2	0,45	0,56	0,09	0,097	0,09	0,00028	0,00036
Итого							0,0004	0,0005
5. Сажа (k=0,8(Д))								
Грузовые 5-8т. Д.	2	0,25	0,35	0,03	0,06	0,03	0,0002	0,0002
Итого							0,0002	0,0002

Расчет выбросов загрязняющих веществ, от дорожных машин предприятия, произведен по дополнению к методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий, (расчетным методом), 1992г.

Выбросы i -го вещества одним автомобилем k -ой группы в день при выезде $M_{\text{ИК}}^I$ с территории предприятия и возврате $M_{\text{ИК}}^{\text{II}}$, рассчитываются по формулам

$$M_{\text{ИК}}^I = (m_{N_{\text{ИК}}} \cdot t_N + m_{\text{ПР}_{\text{ИК}}} \cdot t_{\text{ПР}} + m_{\text{ДВ}_{\text{ИК}}} \cdot t_{\text{ДВ}_1} + m_{\text{ХХ}_{\text{ИК}}} \cdot t_{\text{ХХ}_1}) \cdot 10^{-6}, \quad (39)$$

$$M_{\text{ИК}}^{\text{II}} = (m_{\text{ДВ}_{\text{ИК}}} \cdot t_{\text{ДВ}_2} + m_{\text{ХХ}_{\text{ИК}}} \cdot t_{\text{ХХ}_2}) \cdot 10^{-6}, \quad (40)$$

где $M_{\text{ИК}}^I$ – выброс вредного вещества от одного автомобиля при выезде с территории предприятия, т/день;

$M_{\text{ИК}}^{\text{II}}$ – выброс вредного вещества от одного автомобиля при въезде на территорию предприятия, т/день;

$m_{\text{ПР}_{\text{ИК}}}$ – удельный выброс i -го вещества при прогреве двигателя автомобиля k -ой группы, г/мин;

$t_{\text{ПР}}$ – время прогрева двигателя, мин;

$m_{\text{ДВ}_{\text{ИК}}}$ – удельный выброс i -го вещества при движении машины по территории с условной постоянной скоростью, г/мин;

$t_{\text{ДВ}_1}, t_{\text{ДВ}_2}$ – время движения машины по территории предприятия в день при выезде (возврате), мин;

$m_{\text{ХХ}_{\text{ИК}}}$ – удельный выброс i -го вещества при работе двигателя на холостом ходу, г/мин;

$t_{\text{ХХ}_1}, t_{\text{ХХ}_2}$ – время работы двигателя на холостом ходу на предприятии при выезде (возврате), мин;

t_N – время работы пускового двигателя, мин.

Валовой выброс i -го вещества дорожными машинами рассчитывается отдельно для каждого периода года

$$M_i^j = \sum_{K=1}^P \alpha_B (M_{\text{ИК}}^I + M_{\text{ИК}}^{\text{II}}) \cdot N_K \cdot D_P \cdot 10^{-3}, \quad (41)$$

где α_B – коэффициент выпуска;

N_K – количество дорожных машин k -ой группы;

D_P – количество рабочих дней в расчетном периоде (холодном, переходном, теплом).

Максимальный разовый выброс i -го вещества (G_i^I) определяется по формуле

$$G_i^I = \frac{\sum_{k=1}^P (m_{N_{ik}} \cdot t_N + m_{ПР_{ik}} \cdot t_{ПР} + m_{ДВ_{ik}} \cdot t_{ДВ} + m_{ХХ} \cdot t_{ХХ_i}) \cdot \alpha_B \cdot N_k}{60 \cdot t_p}, \quad (42)$$

где t_N – время разезда дорожных машин, мин.

Предприятие используются 2 единицы дорожной техники работающей на топливе, мощностью двигателей от 70 до 100Вт.

Таблица 18 – Данные для расчета вредных выбросов от дорожных машин

Параметр	Величина
Время въезда (выезда), км	20
Количество рабочих дней в расчетном периоде (холодном/теплом)	140/140
Коэффициент одновременности выпуска (холодном/теплом)	1,0

Расчет выбросов загрязняющих веществ от дорожных машин – таблице19

Таблица 19 – Расчет выбросов загрязняющих веществ от дорожных машин

Загрязняющее вещество	m_{L1k} , г/км		$m_{ПР_{ik}}$, г/мин		$m_{ХХ_{ik}}$ г/мин	Выброс вещества	
	т.п.г.	х.п.г.	т.п.г.	х.п.г.		г/с	т/год
СО	1,29	1,57	4,8	2,4	2,4	0,0179	0,0428
СН	0,43	0,51	0,3	0,78	0,3	0,0056	0,0116
NO	2,47	2,47	0,48	0,72	0,48	0,0201	0,0568
SO	0,19	0,23	0,097	0,12	0,097	0,002	0,005
С	0,27	0,41	0,06	0,36	0,06	0,0039	0,008

Расчет выбросов загрязняющих веществ от автопогрузчиков предприятия произведен по дополнению к методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий, (расчетным Методом), 1992г..

Выбросы i -го вещества одного автопогрузчика k -ой марки в день $M_{ик}^I$ составит

$$M_{ик}^I = K_i \cdot Q_k \cdot p \cdot t_{CM}, \quad (43)$$

где K_i – удельный выброс i -го вещества на килограмм израсходованного топлива, г/кг;

Q_k – средний часовой расход топлива автопогрузчиком k-ой марки, л/час,
 $Q_k = 5 \text{ л/час}$;

$t_{см}$ – средняя продолжительность работы автопогрузчиков k-ой марки за день, час;

ρ – плотность топлива (для бензина $\rho = 0,74 \text{ кг/дм}^3$, для дизельного топлива $\rho = 0,84 \text{ кг/дм}^3$).

Максимальный разовый выброс i - го вещества определяется по формуле

$$G = \frac{\sum_{k=1}^P M_{ик} \cdot N_k}{60 \cdot t_p}, \quad (44)$$

где N_k – количество автопогрузчиков.

Выбросы i-го вещества автопогрузчиками k-ой марки в год составит

$$M_i^j = K_i \cdot Q_k \cdot \rho \cdot t_{год}, \quad (45)$$

где $t_{год}$ – продолжительность работы автопогрузчиков k-ой марки за день, час.

Среднее время работы одного автопогрузчика в день 2 ч, в год 480 ч.[12].

Расчет выбросов загрязняющих веществ от автопогрузчиков – таблица 20.

Суммарные выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников ООО «Шиноремонтный завод» – таблица 21.

Таблица 20 – Расчет выбросов загрязняющих веществ от автопогрузчиков

Загрязняющее вещество	Автопогрузчик бензиновым ДВС			Автопогрузчик с дизельным ДВС			Суммарный выброс загрязняющего вещества при работе автопогрузчиков	
	K ₁ , г/кг	выброс вещества		K ₁ , г/кг	выброс вещества			
		г/с	т/год		г/с	т/год	г/с	т/год
CO	200	0,2056	0,3552	30	0,035	0,0605	0,2406	0,4157
CH	11	0,0113	0,0195	6	0,007	0,0121	0,1830	0,0316
NO	25	0,0257	0,0444	42	0,049	0,0847	0,0685	0,1291
SO	0,5	0,0005	0,0009	3	0,0035	0,006	0,004	0,0069
C				6	0,007	0,0121	0,007	0,0121

Таблица 21 – Суммарные выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников
ООО «Шиноремонтный завод»

Загрязняющее вещество	Выбросы загрязняющих веществ						Суммарный выброс загрязняющего вещества	
	при работе автомобилей		при работе тракторов		при работе автопогрузчиков			
	г/с	т/год	г/с	т/год	г/с	т/год	г/с	т/год
CO	0,0612	0,0701	0,0179	0,0428	0,2406	0,4157	0,3197	0,5286
CH	0,0092	0,0103	0,0056	0,0116	0,1830	0.0316	0,1978	0,0535
NO	0,0026	0.0034	0,0201	0,0568	0,0685	0,1291	0,0912	0,1893
SO	0,0004	0,0005	0,002	0,005	0,004	0,0069	0,0064	0,0124
C	0,0002	0,0002	0,0039	0,008	0,007	0,0121	0,0111	0,0203

9 Расчет рассеивания выбросов из одиночного источника (нагретые)

Расчет рассеивания проводится с помощью методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятия ОНД-86.

Методика устанавливает требования в части расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе при размещении и проектировании предприятий, нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий, а также при проектировании воздухозаборных сооружений.

Предназначена для ведомств и организаций, осуществляющих разработки по размещению, проектированию и строительству промышленных предприятий, нормированию вредных выбросов в атмосферу, экспертизе и согласованию атмосфероохранных мероприятий.

Настоящие нормы устанавливают методику расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Нормы должны соблюдаться при проектировании предприятий, а также при нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий.

Нормы предназначены для расчета приземных концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли, а также вертикального распределения концентраций.

Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется наибольшим рассчитанным значением концентрации, соответствующим неблагоприятным метеорологическим условиям, в том числе опасной скорости ветра. Нормы не распространяются на расчет концентраций на дальних (более 100 км) расстояниях от источников выброса.

В зависимости от высоты H устья источника выброса вредного вещества над уровнем земной поверхности указанный источник относится к одному из следующих четырех классов: а) высокие источники, $H \geq 50$ м; б) источники средней высоты, $H = 10 \dots 50$ м; в) низкие источники, $H = 2 \dots 10$ м; г) наземные источники, $H \leq 2$ м.

Для источников всех указанных классов в расчетных формулах длина (высота) выражена в метрах, время – в секундах, масса вредных веществ – в граммах, их концентрация в атмосферном воздухе – в миллиграммах на кубический метр, концентрация на выходе из источника – в граммах на кубический метр.

При одновременном совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких (n) веществ, обладающих в соответствии с перечнем, утвержденным Минздравом СССР, суммацией вредного действия, для каждой группы указанных веществ однонаправленного вредного действия рассчитывается безразмерная суммарная концентрация q или значения концентраций (n) вредных веществ, обладающих суммацией вредного действия, приводятся условно к значению концентрации с одного из них.

Безразмерная концентрация q определяется по формуле

$$q = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n}, \quad (46)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n (мг/м³) – расчетные концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе в одной и той же точке местности; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ (мг/м³) – соответствующие максимальные разовые предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе.

Приведенная концентрация q рассчитывается по формуле

$$C = C_1 + C_2 \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_2} + \dots + C_n \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_n}, \quad (47)$$

где C_1 – концентрация вещества, к которому осуществляется приведение; ПДК_1 – его ПДК; $C_2 \dots C_n$ и $\text{ПДК}_2 \dots \text{ПДК}_n$ – концентрации и ПДК других веществ, входящих в рассматриваемую группу суммации.

Расчет концентрации вредных веществ, претерпевающих полностью или частично химические превращения (трансформацию) в более вредные вещества, проводится по каждому исходному и образующемуся веществу отдельно. При этом мощность источников для каждого вещества устанавливается с учетом максимально возможной трансформации исходных веществ в более токсичные. Степень указанной трансформации устанавливается по согласованию с Госкомгидрометом и Минздравом РФ.

Расчетами определяются разовые концентрации, относящиеся к 20-30 минутному интервалу осреднения.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_m (мг/м³) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии x_m (м) от источника и определяется по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F_{\text{мнп}}}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (48)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

M (г/с) – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H (м) – высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается $H = 2$ м);

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

ΔT (°C) – разность между температурой выбрасываемой газовой воздушной смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_b ;

V_1 (м³/с) – расход газовой воздушной смеси, определяемый по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0, \quad (49)$$

где D (м) – диаметр устья источника выброса;

ω_0 (м/с) – средняя скорость выхода газовой воздушной смеси из устья источника выброса.

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным: 200 – для Европейской территории СССР: для районов РСФСР южнее 50° с. ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Молдавии; для Азиатской территории СССР: для Казахстана, Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии.

Значения мощности выброса M (г/с) и расхода газовой воздушной смеси V_1 (м³/с) при проектировании предприятий определяются расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами. В расчете принимаются сочетания M и V_1 , реально имеющие место в течение года при установленных (обычных) условиях эксплуатации предприятия, при которых достигается максимальное значение C_m . Значение M следует относить к 20 – 30 -минутному периоду осреднения, в том числе и в случаях, когда продолжительность выброса менее 20 мин.

При определении значения ΔT (°C) следует принимать температуру окружающего атмосферного воздуха T_b (°C), равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года по СНиП 2.01.01-82, а температуру выбрасываемой в атмосферу газовой воздушной смеси T_r (°C) – по действующим для данного производства технологическим нормативам.

Значение безразмерного коэффициента F принимается: а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) – 1; б) для мелкодисперсных аэрозолей при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % – 2; от 75 до 90 % – 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки – 3.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f ; v_m , v'_m и f_e

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (50)$$

$$U_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (51)$$

$$U_m = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H} \quad (52)$$

$$f_e = 800 \cdot (U_m)^3 \quad (53)$$

Коэффициент m определяется по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100. \quad (54)$$

Расстояние x_m (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация c (мг/м^3) при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения c_m , определяется по формуле

$$x_m = \frac{5 - F}{4} d \cdot H, \quad (55)$$

где безразмерный коэффициент d при $f < 100$ находится по формуле

$$d = 4,95 v_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2. \quad (56)$$

Значение опасной скорости u_m (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ c_m , в случае $f > 100$ определяется по формулам:

$$u_m = v_m \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2. \quad (57)$$

При опасной скорости ветра v_m приземная концентрация вредных веществ C (мг/м^3) в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях x (м) от источника выброса определяется по формуле

$$C = s_1 \cdot C_m \quad (58)$$

где s_1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения x/x_m и коэффициента F или по формулам

$$s_1 = 3 \left(x/x_m \right)^4 - 8 \left(x/x_m \right)^3 + 6 \left(x/x_m \right)^2 \text{ при } (x/x_m) \leq 1, \quad (59)$$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(x / x_m \right)^2 + 1} \text{ при } 1 < x/x_m \leq 8. \quad (60)$$

Расчеты полей концентраций загрязняющих веществ выполнены в соответствии с нормативными документами Госкомгидромета «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86), Л., Гидрометеиздат, 1987 г. [6], по программному комплексу автоматизированного расчета концентраций загрязняющих веществ в атмосфере «Эра».

Расчеты рассеивания вредных веществ от котельной ООО «Шиноремонтный завод» представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Параметры выбросов загрязняющих веществ для расчета ПДВ

Название цеха	Источники выделения загрязняющих веществ	Число работы, год	Наименование источника выброса вредных веществ	Номер источника выброса	Высота источника выброса, м	Диаметр устья трубы, м	Параметры газовойоздушной смеси на выходе из источника выброса			Наименование ГОУ и мероприятий по сокращению выбросов	Коэффициент обеспеченности газоочисткой	Средняя эксплуат. степень очистки, тах степень очистки, %
	Наименование						скорость, м/с	объем на 1 трубу, м³/с	температура, °С			
Котельная	Котел КЕ-6,5/14 №1	2000	Труба	1	45,0	1,20	4,9122	5,5556	120,0	Котел КЕ-6,5/14 №1	0	0,0
										Циклон БЦ 2-5х (3+2)	0	0,0
										Котел КЕ-6,5/14 №2	0	0,0
										Циклон БЦ 2-5х (3+2)	0	0,0
	Котел КЕ-6,5/14 №2	2000								Котел КЕ-6,5/14 №2	100	83,0
										Циклон БЦ 2-5х (3+2)	0	0
	Котел КЕ-6,5/14 №3	4000	Труба	2	45,0	1,20	10,684	12,0833	120,0	Котел КЕ-6,5/14 №3	0	0
										Циклон БЦ 2-5х (3+2)	0	0
										Котел КЕ-6,5/14 №4	0	0
										Циклон БЦ 2-5х (3+2)	100	84,5
	Котел КЕ-6,5/14 №4	4000								Котел КЕ-6,5/14 №4	0	0
										Циклон БЦ 2-5х (3+2)	0	0
	Склад угля	8760	склад угля	3	3,5							
Передвижные источники	Передвижные источники		Передв. источники (неорган. нестат. выброс)									

Продолжение таблицы 22

Наименование вещества	Выбросы загрязняющих веществ						Год достижения ПДВ
	СП, г/с	СП, мг/м ³	СП, т/год	ПДВ, г/с	ПДВ, мг/м ³	ПДВ, т/год	
Азота диоксид	0,9490000	170,81986	9,5400000	0,9490000	170,81986	9,5400000	2014
Сера диоксид	1,3330000	239,93981	14,4000000	1,3330000	239,93981	14,4000000	2014
Углерод оксид	6,1350000	1104,29912	66,2626000	6,1350000	1104,29912	66,2626000	2014
Бенз(а)пирен	0,0000026	0,000047	0,0000277	0,0000026	0,000047	0,0000277	2014
Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	1,2980000	0,197000	13,1955000	1,2980000	0,003900	13,1955000	2014
Азот оксид	1,1540000	27,71998	1,5502000	1,1540000	27,71998	1,5502000	2014
Азота диоксид	1,8980000	157,07591	18,9212000	1,8980000	157,07591	18,9212000	2014
Сера диоксид	2,6660000	220,63454	28,6080000	2,6660000	220,63454	28,6080000	2014
Углерод оксид	12,2700000	1015,44856	131,6416000	12,2700000	1015,44856	131,6416000	2014
Бенз(а)пирен	0,0000051	0,00042	0,0000554	0,0000051	0,00042	0,0000554	2014
Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	2,3670000	0,212000	25,3960000	2,3670000	0,004100	25,3960000	2014
Азот оксид	0,3080000	25,48966	3,0748000	0,3080000	25,48966	3,0748000	2014

10 Мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Исходя из полученных расчетов рассеивания, необходимо разработать природоохранные мероприятия для улучшения экологической ситуации района. Возможны следующие виды мероприятий: реконструкция газоочистного оборудования путем дополнения существующей системы очистки дымовых газов в циклонах второй ступенью очистки дымовых газов электрофильтрах.

10.1 Реконструкция газоочистного оборудования

Одним из вариантов решения проблемы превышения приземных концентраций пыли в атмосферном воздухе является реконструкция газоочистного оборудования. Она заключается в дополнении существующих систем очистки дымовых газов в циклонах второй ступенью очистки в электрофильтрах.

Применение электрофильтров обусловлено их универсальностью и высокой степенью очистки газов при сравнительно низких энергетических затратах. Электрофильтры способны улавливать частицы любых размеров, в том числе субмикронные, при концентрации частиц в газе до 50 г/м^3 и выше. Особенностью электрофильтров является очистка больших объемов газа.

Преимущество применения электрофильтров состоит в том, что уловленные твердые частицы находятся в готовом состоянии, в отличие от мокрого газоочистного оборудования, где имеют место проблемы гидрозолоудаления и дальнейшей переработки золошлакового материала.

Электрофильтры отличаются сравнительно низкими эксплуатационными затратами. Гидравлическое сопротивление правильно спроектированного электрофильтра не превышает 100-150 Па, т.е. являются минимальными по сравнению с другими газоочистными аппаратами.

Работа электрофильтров основана на свойствах заряженным электрическим зарядом твердых тел притягиваться к полюсу обратного знака.

Особо тщательная очистка дымовых газов достигается при комбинированном золоулавливании. Первичная грубая очистка газов происходит в батарейном циклоне, а окончательная тонкая – в электрофильтре. Степень очистки такой установки может достигать 98-99%.

10.2 Расчет электрофильтров

Запыленность газа на входе в электрофильтра, рассчитывается по формуле

$$C_{\text{вх}} = \frac{q}{Q_{\text{г}}}, \quad (61)$$

где q – количество пыли в загрязненном воздухе, г/с;

Q_r – расход загрязненного воздуха, м³/с;

Для первого источника выброса

$$C_{\text{вх}} = \frac{12,563}{5,55} = 2,26 \text{ г/м}^3$$

Для второго источника выброса

$$C_{\text{вх}} = \frac{14,052}{5,55} = 2,53 \text{ г/м}^3$$

Допустимая запыленность до 30 г/м³. Электрофильтр применять можно.

Расчет необходимой площади активного сечения электрофильтра, производится по формуле:

$$F_a = \frac{Q}{\omega}, \quad (62)$$

где ω -эффективная скорость фильтрации , $\omega = 3$ м/с;

$$F_a = \frac{5,55}{3} = 1,85 \text{ м}^2$$

Принимаем для установки электрофильтр УВВ – 8 с активной площадью сечения секций $f_a=8 \text{ м}^2$.

Эффективная скорость фильтрации, с учетом выбранного электрофильтра определяется по формуле:

$$\omega_{\phi} = \frac{Q}{f_a}, \quad (63)$$

$$\omega_{\phi} = \frac{5,55}{8} = 0,7 \text{ м/с}$$

Количество пыли после очистки определяем по формуле:

$$q_{\text{послеэлф}} = \frac{q \cdot (100 - \eta_{\text{эл.ф}})}{100}, \quad (64)$$

где $\eta_{\text{эл.ф}}$ – степень очистки электрофильтра;

Для первого источника выброса

$$q_{\text{послеэл.ф}} = \frac{12,563 \cdot (100 - 98)}{100} = 0,25 \text{ г/с.}$$

Для второго источника выброса

$$q_{\text{послеэл.ф}} = \frac{14,052 \cdot (100 - 98)}{100} = 0,28 \text{ г/с.}$$

Электрофильтр с $\eta_{\text{эл.ф}} = 98 \%$ удовлетворяет необходимым условиям очистки при нормативе ПДВ=3,665 г/с.

Запыленность воздуха после очистки, г/м³

$$C_{\text{оч}} = \frac{q}{Q_{\text{г}}}. \quad (65)$$

Для первого источника выброса

$$C_{\text{оч}} = \frac{1,989}{5,55} = 0,35 \text{ г/м}^3.$$

Для второго источника выброса

$$C_{\text{оч}} = \frac{2,175}{5,55} = 0,39 \text{ г/м}^3.$$

Допустимое содержание пыли, определяется по формуле

$$C_{\text{пр}} = 0,3 \cdot \text{ПДК}_{\text{м.р}}, \quad (66)$$

$$C_{\text{пр}} = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ г/м}^3.$$

Следовательно, электрофильтр УВВ – 8 удовлетворяет требованиям очистки пылегазового потока.

Электрофильтры серии УВВ – унифицированные вертикальные пластинчатые сухие электрофильтры для улавливания из газов угольной пыли при температуре 120 °С.

Поскольку угольная пыль хорошо встряхивается, встряхивающие механизмы электрофильтров серии УВВ облегченные.

Особенностью электрофильтров серии УВВ является то, что из-за возможного возникновения взрывоопасности при накоплении угольной пыли в корпуса электрофильтров выполнены в виде шахты, открытой в атмосферу. Это предотвращает разрушение корпуса при «хлопках». Кроме того, все внутренние устройства электрофильтров выполнены таким образом, чтобы избежать накопление пыли [9].

Техническая характеристика электрофильтра приведена в таблице 23.

Таблица 23 – Техническая характеристика унифицированного вертикального электрофильтра УВВ–8

Наименование характеристики	Численное значение
Площадь активного сечения, м ²	8
Число секций, шт	1
Число полей, шт	1
Шаг между одноименными электродами, мм	350
Активная длина поля, м	6,2
Общая площадь осаждения осадительных электродов, м ²	285
Габаритные размеры, м	430
ширина×длина (по осям опор)	3,0×3,15
высота	20

11 Экономическая часть

11.1 Оценка величины предотвращенного экологического ущерба

Ущерб – фактические или возможные потери, возникающие в результате каких-либо событий или явлений, в частности негативных изменений в природной среде вследствие антропогенного воздействия.

По основному характеру проявления различают следующие виды ущерба: экономический (например, потери от недополучения продукции); социально-экономический (например, рост заболеваемости, снижение продолжительности жизни); экологический (исчезновение биологического вида).

Под экологическим ущербом от загрязнения окружающей среды понимается денежная оценка фактических и возможных убытков (потерь), обусловленным воздействием загрязнения.

Механизм возникновения ущерба можно представить следующей схемой:

- 1) образование вредных отходов вследствие хозяйственной деятельности и жизни человека;
- 2) поступление загрязнений (отходов) в окружающую среду;
- 3) изменение (ухудшение) некоторых свойств окружающей природной среды (возникновение ущерба);
- 4) изменение (ухудшение) условий жизнедеятельности под воздействием изменения свойств окружающей среды (возникновение ущерба);
- 5) ухудшение показателей качества жизни, материальных условий производства (возникновение ущерба);
- 6) снижение показателей производительности труда вследствие ухудшения качества жизни (возникновение ущерба);

Оценка экологического ущерба может быть выполнена методом прямого счета и определена как сумма величин убытков у всех объектов, подвергшихся воздействию вредных выбросов. В этом случае лежит такая последовательность:

- выбросы вредных примесей из источников их образования;
- концентрация примесей в атмосфере;
- натуральный ущерб;
- экологический ущерб.

Первая стадия расчетов предполагает анализ объемов и структуры выбросов. На втором этапе для измерений концентраций выбросов проводится расчет рассеивания вредных примесей в атмосфере. Так, для выбросов в атмосферу учитываются: особенности местоположения источника, высота трубы, роза ветров, погодные условия рельеф и прочие особенности. На третьем этапе, учитывая концентрации вредных примесей, можно оценить натуральный ущерб от загрязнения окружающей среды. Обычно речь идет от следующих видах воздействия:

- ухудшение качества жизни, включая рост заболеваемости, смертности и др.;

- сокращение сроков службы имущества (основных фондов);
- ухудшения показателей производственного процесса (рост концентрации вредных примесей в воздухе и воде, используемой в производстве, сокращение урожайности в сельском хозяйстве, сокращение прироста биомассы в лесном хозяйстве).

Этап расчета натурального ущерба является одним из сложных в рассматриваемой схеме: на состояние изучаемых объектов помимо загрязнителей оказывают влияние и другие факторы, поэтому сложно выделить «вклад» загрязнителя.

Расчет годовых величин экологического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха определяется по формуле.

$$Y_{атм} = \gamma_t \cdot \sigma \cdot f \cdot \sum_{i=1}^{it} A_i \cdot m_{it}; \quad (67)$$

где γ_t – в соответствии с методикой определения предотвращенного экономического ущерба от 30.11.99 денежная оценка единицы выброса в усл. т., 34,8 руб./усл. т., в ценах 1999 года, в ценах 2010 года $\gamma_t = 89,1$ руб./т;

σ – коэффициент, позволяющий учесть региональные особенности территории, подверженной вредному воздействию равен 4;

f – поправка, учитывающая характер рассеивания примеси в атмосфере равна 1,3;

A_i – коэффициент приведения примеси вида i к монозагрязнителю, усл.т/т;

m_{it} – объем выброса i -го вида примеси загрязнителя.

$$A_i = \frac{1}{ПДК_i}; \quad (68)$$

где ПДК_{*i*} – предельно допустимая концентрация i -го компонента, мг/м³.

Расчет предотвращенного экологического ущерба производится с учетом проектируемых природоохранных мероприятий. В качестве мероприятия по уменьшения количества выбросов пыли неорганической с содержанием SiO₂ 20-70% предлагается реконструкция газоочистного оборудования, которая заключается в дополнении существующих систем очитки дымовых газов в циклонах второй ступенью очистки в электрофильтрах УВВ–8 [14].

Исходные данные для расчета представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Исходные данные для расчета предотвращенного экологического ущерба

Наименование вещества	Количество загрязняющего вещества, т/г				ПДК _{м.р.} , мг/м ³
	до мероприятий		после мероприятий		
Пыль неорганическая с содержанием SiO ₂ 20-70%	I источник	II источник	I источник	II источник	0,3
	13,1955	25,396	0,26391	0,50792	

Таблица 25 – Расчет предотвращенного экологического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха по источнику №1

Наименование вещества	γ_i , руб/ усл. т.	σ	f	A_i , усл. т/т	m_t , т/год (до меро- приятий)	m_t , т/год (после мероприятий)	$Y_{атм}$, руб (до меро- приятий)	$Y_{атм}$, руб (после мероприятий)
Пыль неорганическая с содержанием SiO ₂ 20–70%	89,1	4	1,3	3,3	13,1955	0,26391	20175,33	403,50
Предотвращенный экономический ущерб								19771,83

Таблица 26 – Расчет предотвращенного экологического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха по источнику №2

Наименование вещества	γ_i , руб/ усл. т.	σ	f	A_i , усл. т/т	m_t , т/год (до меро- приятий)	m_t , т/год (после мероприятий)	$Y_{атм}$, руб (до меро- приятий)	$Y_{атм}$, руб (после мероприятий)
Пыль неорганическая с содержанием SiO ₂ 20–70%	89,1	4	1,3	3,3	25,396	0,50792	38829,36	776,58
Предотвращенный экономический ущерб								38052,78

Общая величина предотвращенного ущерба составляет 57824,61 рублей.

11.2 Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

В основу исчисления платы за загрязнение положена система базовых нормативов платы. При расчете нормативов платы за загрязнение принят затратный подход, который исходит из необходимости установить плату за загрязнение, позволяющую возместить финансирование природоохранных мероприятий, нужных для ликвидации ущерба или его предотвращения.

Нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ рассчитывались с учетом токсичных свойств каждого конкретного вещества через показатель его

относительной опасности, являющейся величиной, обратной предельно допустимой концентрации вещества в элементе окружающей среды.

Базовые нормативы платы за выбросы конкретных загрязняющих веществ определяются как произведение удельного экономического ущерба от выбросов загрязняющих веществ в пределах допустимых нормативов или лимитов на показатели относительной опасности конкретного загрязняющего вещества для окружающей среды и на коэффициенты индексации платы.

В настоящее время имеются базовые нормативы платы на единицу массы (руб/т) по 214 наиболее распространенным веществам, загрязняющим атмосферный воздух.

Особенности, связанные с неодинаковыми экологическими и экономическими условиями, учитываются коэффициентами экологической ситуации и значимости состояния атмосферного воздуха территорий экономических районов Российской Федерации.

Базовые нормативы платы за загрязнение (дифференцированные ставки) корректируются с помощью коэффициентов экологической ситуации и значимости, а также ежегодно коэффициентам индексации. Это обусловлено тем, что постоянно изменяются экономические условия, стоимостные и ценовые пропорции.

Все согласование предельно допустимых нормативов негативного воздействия, определение лимитов осуществляется на региональном уровне исполнительными органами в лице комитетов по охране природы. Решением органов исполнительной власти субъектов Федерации могут увеличиваться коэффициенты экологической ситуации и значимости.

Плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные природопользователем нормативы выбросов, рассчитывается по формуле

$$\Pi = K_3 \cdot V_{\phi} \cdot P, \quad (69)$$

где K_3 – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе;

V_{ϕ} – фактический объем выбрасываемого вещества т/год;

P – плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных нормативов выбросов, руб.

Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в данной работе производится по мероприятию, направленному на снижение вредного воздействия пыли неорганической с содержанием SiO_2 20–70% на двух источниках выброса [14], [15].

Мероприятием является реконструкция газоочистного оборудования, которая заключается в дополнении существующих систем очистки на предприятии электрофильтрами, в результате чего происходит уменьшение количества выбросов пыли неорганической с содержанием SiO_2 20–70%.

По первому источнику до мероприятий

$$\Pi = 1,4 \cdot 1,2 \cdot 13,1955 \cdot 21 = 465,537 \text{ руб.}$$

после мероприятий

$$\Pi = 1,4 \cdot 1,2 \cdot 0,26391 \cdot 21 = 9,310 \text{ руб.}$$

Экономия по платежам по первому источнику выброса составляет 456,227 руб.

По второму источнику до мероприятий

$$\Pi = 1,4 \cdot 1,2 \cdot 25,396 \cdot 21 = 895,97 \text{ руб.}$$

после мероприятий

$$\Pi = 1,4 \cdot 1,2 \cdot 0,50792 \cdot 21 = 17,919 \text{ руб.}$$

Экономия по платежам по второму источнику выброса составляет 878,051 руб.

Внедряемое мероприятие позволяет сократить на предприятии величину экологических платежей в 50 раз. Однако в абсолютном выражении величина экономии не существенна. Поскольку проведение природоохранных мероприятий требует «Ростехнадзор», то величина затрат не сопоставима со штрафными санкциями. Поэтому общий эффект от мероприятий может быть выражен суммой экономического и социального эффектов

Экономический эффект заключается в экономии по платежам, а социальный эффект выражается в предотвращении экологического ущерба. Тогда срок окупаемости:

$$P = \frac{N}{\Xi_{\Pi} + Y_{\Pi}}, \quad (70)$$

где P – срок окупаемости руб.;

N – стоимость оборудования, руб.;

Ξ_{Π} – экономия по платежам, руб.;

Y_{Π} – предотвращенный ущерб, руб.

$$P = \frac{380000}{57824,61 + 1334,278} = 6,4$$

12 Нормативно – правовая база

Деятельность предприятия должна основываться на законодательной базе и согласовываться с нормативными документами Российской Федерации. Закон об охране окружающей среды, №7-ФЗ, определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Хозяйственная и иная деятельность органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе следующих принципов:

- соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;
- обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;
- обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности;
- обязательность проведения государственной экологической экспертизы проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность, которая может оказать негативное воздействие на окружающую среду, создать угрозу жизни, здоровью и имуществу граждан;
- допустимость воздействия хозяйственной и иной деятельности, на природную среду исходя из требований в области охраны окружающей среды;
- обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, которого можно достигнуть на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов;
- запрещение хозяйственной и иной деятельности, последствия, воздействия которой непредсказуемы для окружающей среды, а также реализации проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов и иным негативным изменениям окружающей среды;
- ответственность за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды.

Объектами охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности являются:

- земли, недра, почвы;
- поверхностные и подземные воды;

- леса и иная растительность, животные и другие организмы и генетический фонд;
- атмосферный воздух, озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство.

В первоочередном порядке охране подлежат естественные экологические системы, природные ландшафты и природные комплексы, не подвергшиеся антропогенному воздействию.

Негативное воздействие на окружающую среду является платным. Формы платы за негативное воздействие на окружающую среду определяются федеральными законами.

К видам негативного воздействия на окружающую среду относятся:

- выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ и иных веществ;
- размещение отходов производства и потребления;
- загрязнение окружающей среды шумом, теплом, электромагнитными, ионизирующими и другими видами физических воздействий;
- иные виды негативного воздействия на окружающую среду.

Порядок исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду устанавливается законодательством РФ.

Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, иных нормативов в области охраны окружающей среды, а также государственных стандартов и иных нормативных документов в области охраны окружающей среды.

Нормативы и нормативные документы в области охраны окружающей среды разрабатываются, утверждаются и вводятся в действие на основе современных достижений науки и техники с учетом международных правил и стандартов в области охраны окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов.

Государственными стандартами и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды устанавливаются:

- требования, нормы и правила в области охраны окружающей среды к продукции, работам, услугам и соответствующим методам контроля;
- ограничения хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения ее негативного воздействия на окружающую среду;
- порядок организации деятельности в области охраны окружающей среды и управления такой деятельностью.

Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных.

Федеральный закон об охране атмосферного воздуха, № 96-ФЗ, устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха и направлен на реализацию конституционных прав граждан, на благоприятную окружающую среду и достоверную информацию о ее состоянии.

Государственное управление в области охраны атмосферного воздуха основывается на следующих принципах:

- приоритет охраны жизни и здоровья человека, настоящего и будущего поколений;
- обеспечение благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха человека;
- недопущение необратимых последствий загрязнения атмосферного воздуха для окружающей природной среды;
- обязательность государственного регулирования выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него;
- гласность, полнота и достоверность информации о состоянии атмосферного воздуха, его загрязнении;
- научная обоснованность, системность и комплексность подхода к охране атмосферного воздуха и охране окружающей природной среды в целом;
- обязательность соблюдения требований законодательства РФ в области охраны атмосферного воздуха, ответственность за нарушение данного законодательства.

Гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха, предельно допустимые уровни физических воздействий на атмосферный воздух устанавливаются и пересматриваются в порядке, определенном Правительством РФ.

В целях государственного регулирования выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух устанавливаются следующие нормативы таких выбросов: предельно допустимые выбросы.

Предельно допустимые выбросы (ПДВ) устанавливаются территориальными органами федерального органа исполнительной власти в области охраны окружающей среды для конкретного стационарного источника выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их совокупности (организации в целом).

В случае невозможности соблюдения юридическими лицами, имеющими источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, предельно допустимых выбросов территориальные органы федерального органа исполнительной власти в области охраны окружающей среды могут устанавливать для таких источников временно согласованные выбросы (ВСВ) по согласованию с территориальными органами других федеральных органов исполнительной власти.

План уменьшения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух разрабатывается и осуществляется юридическими лицами, для которых устанавливаются временно согласованные выбросы, с учетом

степени опасности указанных веществ для здоровья человека и окружающей природной среды.

В целях государственного регулирования вредных физических воздействий на атмосферный воздух устанавливаются предельно допустимые нормативы вредных физических воздействий на атмосферный воздух.

Выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарным источником допускается на основании разрешения, выданного территориальным органом федерального органа исполнительной власти в области охраны окружающей среды в порядке, определенном Правительством РФ.

Порядок выдачи разрешений на выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при эксплуатации транспортных и иных передвижных средств устанавливается федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды. При отсутствии разрешений на выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредные физические воздействия на атмосферный воздух, а также при нарушении условий, предусмотренных данными разрешениями, выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредные физические воздействия на него могут быть ограничены, приостановлены или прекращены в порядке, определенном Правительством РФ.

Требования охраны атмосферного воздуха при размещении, реконструкции и эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности.

1) При размещении, реконструкции и эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности, при застройке городских и иных поселений должно обеспечиваться не превышение нормативов качества атмосферного воздуха в соответствии с экологическими, санитарно-гигиеническими, а также со строительными нормами и правилами в части нормативов площадей озелененных территорий.

2) При размещении объектов хозяйственной и иной деятельности, оказывающих вредное воздействие на качество атмосферного воздуха, в пределах городских и иных поселений, а также при застройке и реконструкции городских и иных поселений должны учитываться фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха и прогноз изменения его качества при осуществлении указанной деятельности.

3) В целях охраны атмосферного воздуха в местах проживания населения устанавливаются санитарно-защитные зоны организаций. Размеры таких санитарно-защитных зон определяются на основе расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и в соответствии с санитарной классификацией организаций.

4) Размещение объектов хозяйственной и иной деятельности, оказывающих вредное воздействие на качество атмосферного воздуха, согласовывается с федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды или с его территориальными органами и другими федеральными органами исполнительной власти или с их территориальными органами.

5) При вводе в эксплуатацию новых и (или) реконструированных объектов хозяйственной и иной деятельности, осуществляющих выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, должно обеспечиваться не превышение технических нормативов выбросов и предельно допустимых выбросов, предельно допустимых нормативов вредных физических воздействий на атмосферный воздух.

6) Запрещаются размещение и эксплуатация объектов хозяйственной и иной деятельности, которые не имеют предусмотренных правилами охраны атмосферного воздуха установок очистки газов и средств контроля за выбросами вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

Юридические лица, имеющие источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него, проводят инвентаризацию выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, вредных физических воздействий на атмосферный воздух и их источников в порядке, определенном федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды.

Сведения о лицах, ответственных за проведение производственного контроля за охраной атмосферного воздуха, и об организации экологических служб, а также результаты производственного контроля за охраной атмосферного воздуха представляются в территориальные органы федерального органа исполнительной власти в области охраны окружающей среды.

За загрязнение окружающей природной среды выбросами вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и другие виды воздействия на него с физических и юридических лиц взимается плата в соответствии с законодательством РФ.

Лица, виновные в нарушении законодательства РФ в области охраны атмосферного воздуха, несут уголовную, административную и иную ответственность в соответствии с законодательством РФ.

Вред, причиненный здоровью граждан, и окружающей природной среде загрязнением атмосферного воздуха, подлежит возмещению в полном объеме и в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера вреда, при их отсутствии в полном объеме и в соответствии с фактическими затратами на восстановление здоровья, имущества граждан и окружающей природной среды за счет средств физических и юридических лиц, виновных в загрязнении атмосферного воздуха.

Нормативы предельно допустимых выбросов устанавливаются с учетом производственных мощностей объекта, данных о наличии его эффекта и иных вредных последствий по каждому источнику загрязнений, показателей качества окружающей среды. Проекты предельно допустимых выбросов самими предприятиями. Конкретному источнику загрязнений предельно допустимые выбросы устанавливают органы Госкомэкологии РФ, бассейновые и другие территориальные органы министерства природных ресурсов РФ, другие специально уполномоченные органы в области охраны окружающей среды,

органы государственной санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения РФ.

Нормативные объемы выбросов загрязнений устанавливаются в виде предельно допустимых или временно согласованных выбросов (лимитов). В отношении последних указываются этапы и сроки допустимых нормативов – предельно допустимых выбросов. В соответствии с установленными нормативами предельно допустимых выбросов предприятиям, учреждениям, организациям выдается разрешение на выброс. Нарушение установленных нормативов предельно допустимых выбросов и других требований охраны окружающей среды, предусмотренных разрешением на выброс, влечет ограничение, приостановление, прекращение выбросов вплоть до приостановления, прекращения деятельности предприятия.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) – норматив, устанавливающий критерии качества компонентов окружающей среды, который отражает предельно допустимое содержание вредных (загрязняющих) веществ, при котором отсутствует вредное воздействие на человека и окружающую среду. Нормируется содержание предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе, воде, почве.

Гигиенический норматив предельно допустимых концентраций – установленное исследованиями допустимое максимальное количество и (или) качественное значение показателя, характеризующего тот или иной фактор среды обитания с позиции безопасности и (или) безвредности для человека.

Экологический норматив предельно допустимых концентраций определяется как критерий, отражающий максимальное предельно допустимое содержание вредных веществ в компонентах окружающей среды и при котором отсутствует вредное воздействие на его состояние.

Установление порядка разработки и утверждения нормативов предельно допустимых концентраций относится к ведению органов государственной санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения РФ (гигиенический норматив). Нормативы качества окружающей среды являются едиными для всей территории РФ. С учетом природно-климатических особенностей, а также повышенной социальной ценности отдельных территорий для них могут быть установлены отражающие особые условия нормативы предельно допустимых концентраций.

Предельно допустимая концентрация является показателем, который определяет соответствие состояния природной среды, установленным гигиеническим и экологическим требованиям. Ими руководствуются при планировании развития территорий, принятии хозяйственных решений, проведении природоохранных мероприятий и экологического контроля.

При нарушении требований нормативов предельно допустимых концентраций деятельность источника вредного воздействия может быть ограничена, приостановлена или прекращена по предписанию органов государственной санитарно-эпидемиологической службы РФ или государственных органов в области охраны окружающей среды.

Ответственность за экологические правонарушения применяют к лицам, совершившим экологические правонарушения, предусмотренных правом мер принуждения. За дисциплинарные проступки в области охраны окружающей среды, за экологические преступления предусматривается соответственно дисциплинарная ответственность, административная ответственность или уголовная ответственность, считающаяся штрафной, карательной. За гражданско-правовые правонарушения наступает гражданско-правовая ответственность или правовосстановительная ответственность..

ООО «Шиноремонтный завод» относится к предприятиям третьего класса опасности и по СНиП 2.2.1/2.1.1.1031-01 имеет санитарно-защитную зону 300 м.

Для расчета рассеивания была использована методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятия ОНД-86, которая устанавливает требования в части расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе при размещении и проектировании предприятий, нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий, а также при проектировании воздухозаборных сооружений. Методика предназначена для ведомств и организаций, осуществляющих разработки по разрешению, проектированию и строительству промышленных предприятий, нормированию вредных выбросов в атмосферу, экспертизе и согласованию атмосфероохранных мероприятий.

Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 ГКАЛ в час, Москва, 1999. Методика предназначена для расчета выбросов вредных веществ с газообразными продуктами сгорания при сжигании твердого топлива, мазута и газа в топках действующих промышленных и коммунальных котлоагрегатов и бытовых теплогенераторов (малометражные отопительные котлы, отопительно-варочные аппараты, печи).

ГОСТ 17.2.3.02 - 2014. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. Настоящий стандарт определяет правила установления допустимых выбросов вредных веществ проектируемыми и действующими промышленными предприятиями в атмосферу. На основе настоящего стандарта министерства и ведомства разрабатывают отраслевые стандарты и другую нормативно-техническую документацию, регламентирующую установление величин выбросов вредных веществ с учетом отраслевых особенностей.

ГОСТ 17.2.4.06-90 Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения. Настоящий стандарт устанавливает методы определения скорости и объемного расхода газопылевых потоков (далее - газов), отходящих от стационарных источников загрязнения в газоходах и вентиляционных системах со скоростью не менее 4 м/с.

ГОСТ 17.2.4.07-90 Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.

Настоящий стандарт устанавливает методы определения давления или разрежения (далее - давления) и температуры газопылевых потоков (далее - газов), отходящих от стационарных источников загрязнения в газоходах и вентиляционных системах.

СанПиН 2.1.6.1032 – «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест». Санитарные правила направлены на предотвращение неблагоприятного воздействия загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения и устанавливают обязательные гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест и соблюдению гигиенических нормативов при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции (техническом перевооружении) и эксплуатации объектов, а также при разработке всех стадий градостроительной документации.

Требования по охране атмосферного воздуха от загрязнения, включаемые в государственные стандарты и ведомственные нормативные документы, не должны противоречить настоящим санитарным правилам.

Соблюдение требований настоящих санитарных правил является обязательным для граждан, индивидуальных предпринимателей и юридических лиц.

Предложенные в дипломной работе природоохранные мероприятия позволяют предприятию соответствовать всем требованиям и нормам законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из основных видов воздействия на окружающую среду является загрязнение атмосферного воздуха газоаэрозольными продуктами сгорания органического топлива. Дымовая труба предприятия является организованным источником вредных выбросов окислов азота, сернистого ангидрида, оксидов углерода и пыли неорганической с содержанием SiO_2 20-70%.

К неорганизованным источникам на промышленной площадке предприятия относят очаги выделения угольной пыли на топливоподаче: места пересыпки с конвейера на конвейер, оборудование дробильных установок, загрузочные и разгрузочные щели бункеров и открытый склад угля, транспортные средства.

Оценка существующего загрязнения атмосферы выбросами дымовой трубы проводилась на основании результатов расчета приземных концентраций вредных веществ.

В качестве мероприятия по снижению вредного воздействия пыли неорганической с содержанием SiO_2 20-70% была предложена реконструкция газоочистного оборудования, которая заключается в дополнении существующих систем очистки дымовых газов в циклонах второй ступенью очистки в электрофильтрах УВВ–8. Эффективность такой очистки составляет 98–99%. В результате мероприятия максимальная приземная концентрация пыли снижается в 2 раза. Масса фактического выброса пыли составляет 0,77183 т/год.

Проведя экономический анализ стало видно что экономия по платежам за загрязнение атмосферного воздуха после мероприятий по двум источникам выброса составляет 1334,278 руб.

Платежи производятся один раз в квартал (Приказ №24 от 10.03.06 «Ростехнадзор»).

Предлагаемые мероприятия позволяют предотвратить ущерб в 57824,61 руб.

Разработанное в данном дипломном проекте природоохранное мероприятие позволяют улучшить экологическую ситуацию части железнодорожного района г. Красноярска.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инженерная экология: Справочное пособие, общий курс: в 2-х томах Мазур И.И, Молдаванов О.И, Шишов В.Н. – М.: Высшая школа, 1996. - 556 с.
2. Экологический паспорт ООО «Шиноремонтный завод» от 01.02.2005г. Том ПДВ ООО «Шиноремонтный завод» от 01.12.2009.
3. Рекомендации по основным вопросам воздухоохранной деятельности (нормирование выбросов, становление нормативов ПДВ, контроль за соблюдением нормативов выбросов, выдача разрешения на выброс), М.:1995.
4. Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ООО «Шиноремонтный завод», 2009.
5. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Санкт-Петербург, НИИ Атмосфера, 2008.
6. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (Госкомгидромета), Ленинград, 1987.
7. Очистка газов: Справочное издание. Швыдкий В.С., Ладыгичев М.Г. М.: Теплоэнергетика 2002 – 500-502 с.
8. Промышленное производство и защита окружающей среды: Учебное пособие в 2-х частях, часть 1: Атмосфера, ее состояние и защита / Горбунова Л.Н, Кондрасенко В.Я, Жуков А.И. и др: Под редакцией Никитиной К.Д. – Красноярск: КГТУ, 2000 – 309.
9. Зах Р.Г. Котельные установки. М.: Энергия, 1986.
10. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для авторемонтных заводов, Минтранс. РФ, М.:1992.
11. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 ГКАЛ в час, Москва, 1999.
12. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. М.:1999.
13. Постановления Правительства РФ 1 июля 2005. № 410 «О увеличении нормативов платы за выбросы, сбросы загрязняемых веществ и размещение отходов».
14. Постановление Правительства РФ от 12. 06. 03. № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».
15. ГН 2.1.6.1338–03. Предельно–допустимая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Минздрав России, Москва, 2003. – 46с.
16. ГН 2.1.6.1339–03. Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Минздрав России, Москва, 2003 – 32с.

17. СТО 4.2–07–2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. 9.01.2014. – Красноярск : ИПК СФУ, 2014. – 41 с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. О увеличение нормативов платы за выбросы, сбросы загрязняемых веществ и размещение отходов [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ 1.07.2005. № 410 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>

2. О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 12. 06. 2003. № 344 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>

3. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : // Федеральный закон от 10.01.2002. №7–ФЗ // Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>

4. Осанитарно–эпидемиологическом благополучии населения [Электронный ресурс] : // Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ ред. от 28.11.2015 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>

5. Об охране атмосферного воздуха [Электронный ресурс] : // Федеральный закон от 4.05.1999 г. №96–ФЗ ред. от 13.07.2015// Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>